

**Minimierung von Umweltbelastungen  
(Lärm, Staub, Erschütterungen)  
beim Abbruch von Hoch-/Tiefbauten  
und Schaffung hochwertiger Recyclingmöglichkeiten  
für Materialien aus Gebäudeabbruch  
(Phase 1)**

Endbericht über ein Forschungsprojekt,  
gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
unter dem Az: 29014-23

von

Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT):  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anna Kühlen  
Dipl.-Wi.-Ing. Rebekka Volk  
Dipl.-Wi.-Ing. Julian Stengel  
Prof. Dr. rer. pol. Frank Schultmann

Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), KIT:  
Dipl.-Ing. Markus Reinhardt  
Dipl.-Ing. Michael Markus  
Dr. Ing. Heinrich Schlick  
Prof. Dr. Ing. Sascha Gentes

Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik, Fachgebiet Bauliches Recycling,  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU):  
PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke  
Dipl.-Ing. Stefan Asmus M.A.

Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH Ingenieurbüro (Görisch GmbH):  
Dipl.-Ing. (FH) Benjamin Reis  
Prof. Dr. Ing. Uwe Görisch

Jean Harzheim GmbH & Co. KG (Harzheim GmbH):  
Dipl.-Ing. Johannes Harzheim

Januar 2013

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



AZ	<b>29014</b>	Referat	<b>23</b>	Fördersumme	<b>121.014 €</b>
<b>Antragstitel</b>	<b>Minimierung von Umweltbelastungen (Lärm, Staub, Erschütterungen) beim Abbruch von Hoch-/Tiefbauten und Schaffung hochwertiger Recyclingmöglichkeiten für Materialien aus Gebäudeabbruch (1. Phase)</b>				
<b>Stichworte</b>	Bau, Baustoff, Umwelt				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>9 Monate</b>	<b>01.03.2012</b>	<b>30.11.2012</b>	<b>1</b>		
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Hertzstr. 16, Geb. 06.33 76187 Karlsruhe		Tel	0721/608-44569	
			Fax	0721/608-44682	
			Projektleitung Prof. Dr. F. Schultmann		
			Bearbeiterin A. Kühlen		
<b>Kooperationspartner</b>	Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), KIT, Karlsruhe  Fachgebiet Bauliches Recycling, (BTU), Cottbus  Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH Ingenieurbüro (Görisch GmbH), Karlsruhe  Jean Harzheim GmbH & Co. KG (Harzheim GmbH), Köln				

### **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Der Rückbau von Bauwerken kann hohe Umwelt- und Gesundheitsbelastungen, wie Lärm, Staub und Erschütterungen, hervorrufen. Weiter enthalten viele Bestandsgebäude umwelt- und gesundheitsschädliche Stoffe, wie etwa Asbest, Polychlorierte Biphenyle (PCB) und künstliche Mineralfasern, welche beim Rückbau freigesetzt werden können. Diese Einflussfaktoren auf die Umwelt und Arbeitssicherheit bei Abbrucharbeiten werden zurzeit nur unzureichend systematisch erfasst, sodass keine spezifischen Handlungsempfehlungen für deren Minimierung existieren. Die Abschätzung von Schadstoffeinträgen bietet zudem ein erhebliches Potential zur Verbesserung des Recyclings und zur Minimierung des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen. Ziel des Projektes ist es, relevante Umwelt- und Gesundheitsbelastungen, welche durch Rückbautätigkeiten hervorgerufen werden, systematisch zu erfassen und Methoden zu deren Minderung zu entwickeln.

### **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

1. Umwelt- und Gesundheitsbelastungsdatenbank: Identifikation und Zusammenstellung relevanter Umweltbelastungen sowie Risiken für die Umwelt und Arbeitssicherheit beim Rückbau unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen.
2. Maschinen- und Methodendatenbank: Zusammenstellung zum Stand der Technik von verwendeten Methoden und Maschinen beim Rückbau auch zur Reduktion einzelner Belastungen und Risiken.
3. Empirische Ermittlung von Umweltbelastungen beim Rückbau durch Lärm-, Staub- und Erschütterungsmessungen und Messungen zu umwelttechnischen Inhaltsstoffen des dabei entstehenden Bauschutts. Aufnahme der Messergebnisse in die Umwelt- und Gesundheitsbelastungsdatenbank.
4. Entwicklung von Konzeptansätzen zu Methoden- und Maschinenanpassungen, um Umwelt- und Gesundheitsbelastungen zu minimieren. Aufnahme der Ansätze in die Maschinen- und Methodendatenbank.
5. Entwicklung von Rückbaukonzeptansätzen zur Erfassung und Minimierung von Umwelt- und Gesundheitsbelastungen und zur Schonung von natürlichen Ressourcen.
6. Zusammenfassung der Ergebnisse der ersten Projektphase.

## ***Ergebnisse und Diskussion***

In der 1. Phase des Forschungsprojekts wurde der Rahmen für die systematische Erfassung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen bei Gebäudeabbrüchen sowie die Entwicklung von Ansätzen zu deren Minderung gesetzt. In diesem Zusammenhang wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

**Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank:** Die im Rahmen der 1. Phase des Projekts erarbeiteten Strukturen und gesammelten Daten zu Emissionen und Immissionen aus Bauwerksabbrüchen und zu entsprechenden Einflussfaktoren wurden in einer Datenbank zusammengeführt.

**Planungsunterstützungswerkzeug:** Zur Nutzbarmachung der erarbeiteten Datenbank, der hinterlegten Informationen und zur Ausweisung von Emissions- und Immissionsminderungspotentialen wurde ein Konzept für ein prototypisches softwaretechnisches Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung erstellt, das in Abhängigkeit von dem gewählten Verfahren, der Abbruchmaschinengröße und den vorliegenden Gebäudeeigenschaften mögliche Emissionen für den Abbruch des Gebäudes qualitativ abgeschätzt. Mit einer ersten softwaretechnischen Umsetzung des Werkzeugs wurde begonnen.

**Gebäudetypologie:** In Hinblick auf eine bessere Zuordnung von qualitativen Emissions- und Immissionsaussagen je Gebäudetyp und eine erleichterte Handhabung der Daten ist eine Typisierung der Gebäude von Bedeutung. Im Rahmen der 1. Phase erfolgte hierzu eine erste aggregierte Einteilung der in Deutschland vorhandenen Gebäude anhand von Baumaterialien und Konstruktionsweise.

**Messkonzept und Immissionsmessungen:** Um die begrenzte Datenlage von detaillierten Literatur- und Herstellerdaten zu Emissionen und Immissionen im Zusammenhang mit Abbruchtätigkeiten zu untersetzen, wurden Messwerte ermittelt. Im Rahmen von 2 Messtagen wurden die Abbrüche von Gebäuden mit den in Deutschland verbreiteten Gebäudetypen Mauerwerksbau mit Stahlbetondecke und Untergeschoss aus Ort beton untersucht und die Messergebnisse interpretiert. Um die Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit und Interpretierbarkeit der Daten zu verbessern, wurde ein „erweitertes Messkonzept“ erarbeitet, dessen Anforderungen an Messungen während des Abbruchprozesses den üblichen Umfang hinsichtlich Detaillierungsgrad und Berücksichtigung der Rahmenbedingungen übersteigen.

**Immissionserfassungssystem:** Zur Immissionserfassung an Abbruchbaustellen wurde ein Ansatz für ein System entwickelt, der im Rahmen der 2. und 3. Projektphase zu einem Konzept ausgearbeitet und prototypisch umgesetzt werden soll.

## ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Die Ergebnisse der 1. Phase sind Grundlage für die geplante 2. und 3. Projektphase. Erste Ergebnisse wurden bereits in Form von Anpassung des Vorlesungsstoffes und Sensibilisierung der Studenten für das Thema über entsprechende Bachelor- und Masterarbeiten in die Lehre integriert.

Im Rahmen der 2. und 3. Projektphase sollen die Erkenntnisse aus den Messungen auf Abbruchbaustellen sowie aus dem Einsatz eines prototypischen Planungswerkzeugs die Grundlage für die zu erarbeitenden Handlungsempfehlungen für die Zielgruppen Bauherr, Planungsingenieur und Abbruchunternehmer bilden. Es sollen Vorschläge zur Berücksichtigung von Emissionen und Immissionen sowie zum Einsatz relevanter Schutzmaßnahmen in der Ausschreibungspraxis unterbreitet werden. Weiter soll in der 2. und 3. Phase ein Vorschlag für die Weiterführung und Nutzung der entstehenden Datenbasis erarbeitet werden.

## ***Fazit***

Insgesamt wurden die im Projektkennblatt genannten sechs Arbeitsschritte bearbeitet. Die dort genannte Umwelt- und Gesundheitsbelastungsdatenbank (1.) sowie die Maschinen- und Methodendatenbank (2.) wurden in der als **Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank** bezeichneten Datenbank erarbeitet und zusammengeführt. Der dritte Arbeitsschritt der Ermittlung von Umweltbelastungen (3.) wurde im Rahmen des **Messkonzepts und der Immissionsmessungen** auf Abbruchbaustellen entsprochen. Die Entwicklung von Minderungsansätzen bei Maschinen und Verfahren (4.) sowie bei bestimmten Rückbauten (5.) wurde durch die **Gebäudetypologie**, die Konzeptionierung des **Planungswerkzeugs** und den **Ansatz des Immissionserfassungssystems** erarbeitet. Die Zusammenfassung der Ergebnisse (6.) erfolgte im Rahmen eines Zwischenberichts im August 2012 und im Zuge der Erstellung des vorliegenden Endberichts der 1. Projektphase.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Projektkennblatt</b> .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VII
Zusammenfassung .....	8
1. Einleitung .....	10
1.1. Ausgangssituation und Problemstellung .....	10
1.2. Zielsetzung und Aufbau des Berichts .....	11
2. Definitionen .....	13
2.1. Emission .....	13
2.2. Immission .....	13
3. Regelwerke und Stand der Technik .....	14
3.1. Handhabung und Bestimmung von Umwelteinwirkungen beim Bauwerksabbruch .....	14
3.2. Daten und Datenlage zu Emissionen und Immissionen beim Bauwerksabbruch .....	21
3.3. Hilfsmittel zur Unterstützung des Abbruchprozesses .....	23
3.4. Messtechnik beim Abbruch .....	24
4. Gesamtkonzept und Mehrwert des Forschungsprojekts .....	26
5. Werkzeuge für die Erfassung und Kontrolle von Emissionen und Immissionen beim Abbruch .....	29
5.1. Grundsätzliche Struktur des Unterstützungswerkzeugs für die Abbruchplanung .....	29
5.2. Datenstruktur und Datenbank .....	31
5.2.1. Grundsätzliche Datenstruktur .....	31
5.2.2. Integration von Daten .....	33
5.3. Messkonzept .....	39
5.3.1. „Erweitertes Messkonzept“ .....	39
5.3.2. 1. Messkonzept mit lokalen Modifikationen .....	40
5.3.3. Messungen am 1. und 2. Messtag .....	41
5.3.4. Zusammenfassung der Messergebnisse des 1. und 2. Messtages .....	44
5.4. Ansatz für ein mobiles Immissionserfassungssystem .....	49
6. Fazit .....	50
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse der 1. Projektphase .....	50
6.2. Ausblick auf die 2. und 3. Projektphase .....	52

Literaturverzeichnis .....	53
Anhang.....	57
Anhang A: Glossar .....	57
Anhang B: Arbeitspakete des Forschungsprojekts (Phase 1, 2 und 3) .....	60
Anhang C: Analyse von Messungen eines BTU- Forschungsprojekts .....	61
Anhang D: Messungen in Köln am 1. Messtag .....	64
Anhang E: Messungen in Köln am 2. Messtag .....	73
Anhang F: 2. Messkonzept (Vorarbeit für Phase 2 und 3) .....	80
Anhang G: Bewertungen der Verfahren-Material-Kombinationen .....	93
Anhang H: Screenshots der ansatzweisesoftwaretechnischen Umsetzung des Grundaufbaus des Unterstützungswerkzeugs für die Abbruchplanung .....	100

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Untersuchungsgegenstände des Forschungsprojekts.....	11
Abbildung 2: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Lärmimmissionen .....	15
Abbildung 3: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Staubdeposition und Feinstaub (PM 10).....	17
Abbildung 4: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Erschütterungsimmissionen.....	18
Abbildung 5: Gesamtkonzept des Forschungsprojekts .....	26
Abbildung 6: Das 1. Konzept für das Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung .....	30
Abbildung 7: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 .....	49

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datenstruktur der Datenbank .....	31
Tabelle 2: Grobstruktur der Gebäudetypologie für den Abbruch .....	34
Tabelle 3: Zuordnung relevanter (möglicher) Schadstoffbelastungen zu entsprechenden Bauteilen/ Materialien und Baujahren. ....	35
Tabelle 4: Zu berücksichtigende Unterkategorien des „erweiterten Messkonzepts“ .....	39
Tabelle 5: Beschreibung der Messungen am 1. und 2. Messtag.....	41
Tabelle 6: Lärmimmissionen am 1. Messtag (gemessen im Abstand von ca. 15 m) .....	44
Tabelle 7: Lärmimmissionen am 2. Messtag (mit variierendem Abstand) .....	45
Tabelle 8: Staubimmissionen am 2. Messtag (Standorte 1-4, mit variierendem Abstand) .....	46
Tabelle 9: Erschütterungsimmissionen am 1. Messtag .....	47
Tabelle 10: Erschütterungsimmissionen am 2. Messtag (gemessen mit variierendem Abstand) .....	48

## Zusammenfassung

**Ausgangssituation und Problemstellung:** Mit dem Abbruch von Gebäuden gehen Emissionen einher, die ohne den Einsatz geeigneter Geräte, Vorgehensweisen und Schutzmaßnahmen vermeidbare Umwelteinwirkungen zur Folge haben können. Insbesondere Lärm, Staub und Erschütterungen werden dabei Minderungspotenziale zugeschrieben. Außerdem weisen dabei angefallene bzw. zurückgewonnene Bauteile und Abbruchabfälle ungenutzte Potenziale zur höherwertigen Verwertung und Wiederverwendung auf.

Bei einem Teil der im Abbruchprozess involvierten Akteure sind Immissionen und Abbruchabfälle bereits jetzt integraler Bestandteil von Abbruchplanung, -durchführung und -nachbereitung. Von einem Teil der Akteure werden diese Größen derzeit jedoch nur unzureichend berücksichtigt. Gründe hierfür sind unter anderem unvollständige Ausschreibungsunterlagen sowie mangelnde Informationen über Emissions- und Immissionsursachen und über deren zielgerichtete Beeinflussung zur Eindämmung. Es fehlen detaillierte, materialspezifische Daten zu Emissionen und Immissionen von Lärm, Staub und Erschütterungen, die während der Abbruchdurchführung auftreten sowie deren Determinanten. Daher fehlen auch Ansätze zur adäquaten Nutzarmachung und Berücksichtigung derartiger Daten im gesamten Abbruchprozess.

**Zielsetzung:** Das Forschungsprojekt ist in drei Phasen unterteilt und zielt primär auf die Verminderung von Immissionen auf Mensch und Umwelt beim Gebäudeabbruch ab. Übergeordnete Zielsetzung der 1. und geplanten 2. und 3. Phase des Forschungsprojekts ist daher die systematische Erfassung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen sowie die Weiterentwicklung von Ansätzen zu deren Minderung.

Für die Entwicklung von Emissions- und Immissionsminderungsansätzen – konkret: einem Planungsunterstützungswerkzeug und von Handlungsempfehlungen – werden beeinflussbare und nicht beeinflussbare Ursachen der Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen analysiert und im Planungswerkzeug berücksichtigt. Daneben werden die höherwertige Verwertung von Abbruchabfällen, die Wiederverwendung von Bauteilen, Schadstoffe sowie auch der Arbeits- und Gesundheitsschutz in die Untersuchung einbezogen. Neben der Integration von Literatur-, Herstellerdaten und Expertenwissen zu Emissionen und Immissionen, ist eine messtechnische Erfassung von Immissionen auf mehreren Abbruchbaustellen vorgesehen. Unter Berücksichtigung der Vorbelastung soll auf die Emissionen geschlossen werden. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der 1. Phase zusammen und gibt einen Ausblick auf die beiden nachfolgend geplanten Projektphasen.

**Gesamtkonzept und Mehrwert des Forschungsprojekts:** Das vorliegende Forschungsprojekt beinhaltet Untersuchungen zur Emissions- und Immissionsminderung. Darin inbegriffene Mehrwerte sind eine unter Emissions- und Immissionsgesichtspunkten verbesserte Abbruchplanung, ein verbesserter Kenntnisstand der Akteure sowie ein ausgeweiteter Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Abbruchbaustellen.

Erster Punkt für die Erzielung der beschriebenen Mehrwerte ist eine detaillierte Erhebung, Strukturierung und Einordnung von Emissions- und Immissionsdaten von Abbruchaktivitäten aus Literatur und Messdaten. Zweiter Punkt ist die Entwicklung eines Planungsunterstützungswerkzeugs, das auf die gesammelten Emissions- und Immissionsdaten zugreifen kann und einen immissionsarmen Abbruchprozess unterstützt.

**Ergebnisse:** Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Strukturen und gesammelten Daten zu Emissionen und Immissionen aus Bauwerksabbrüchen und zu entsprechenden Einflussfaktoren wurden in einer Datenbank zusammengeführt. Zur Nutzarmachung der erarbeiteten Datenbank, der hinterlegten Informationen und zur Ausweisung von Emissions- und Immissionsminderungspotentialen wurde ein Konzept für ein prototypisches softwaretechnisches Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung erstellt, das in Abhängigkeit von dem gewählten Verfahren, der Abbruchmaschinengröße und den vorliegenden Gebäudeeigenschaften mögliche Emissionen für den Abbruch des Gebäudes qualitativ abgeschätzt. Mit einer ersten softwaretechnischen Umsetzung des Werkzeugs wurde begonnen. In Hinblick

auf eine bessere Zuordnung von qualitativen Emissions- und Immissionsaussagen je Gebäudetyp und eine erleichterte Handhabung der Daten ist eine Typisierung der Gebäude von Bedeutung. Im Rahmen der 1. Phase erfolgte hierzu eine erste aggregierte Einteilung der in Deutschland vorhandenen Gebäude anhand von Baumaterialien und Konstruktionsweise.

Um die begrenzte Datenlage von detaillierten Literatur- und Herstellerdaten zu Emissionen und Immissionen im Zusammenhang mit Abbruchtätigkeiten zu untersetzen, wurden Messwerte ermittelt. Im Rahmen von 2 Messtagen wurden die Abbrüche von Gebäuden mit den in Deutschland weitverbreiteten Gebäudetypen Mauerwerksbau mit Stahlbetondecke und Untergeschoss aus Ortbeton untersucht und die Messergebnisse interpretiert. Um die Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit und Interpretierbarkeit der Daten zu verbessern, wurde ein „erweitertes Messkonzept“ erarbeitet, dessen Anforderungen an Messungen während des Abbruchprozesses den üblichen Umfang hinsichtlich Detaillierungsgrad und Berücksichtigung der Rahmenbedingungen übersteigen.

Die Ergebnisse der 1. Phase sind Grundlage für die geplante 2. und 3. Projektphase.

**Ausblick:** Im Rahmen der 2. und 3. Projektphase soll das entwickelte Werkzeug zur Planungsunterstützung von Bauwerksabbrüchen mit verminderten Immissionen verfeinert und die zugrundeliegende Datenbasis erweitert werden. In Phase 1 wurde zudem ein erster Ansatz für eine technische Neuentwicklung eines Systems zur vereinfachten Immissionserfassung erarbeitet, dessen konkrete Konzeptionierung und Umsetzung in den Phasen 2 und 3 erfolgen soll.

Erkenntnisse aus den Messungen auf Abbruchbaustellen sowie aus dem Einsatz eines prototypischen Planungswerkzeugs bilden die Grundlage für die zu erarbeitenden Handlungsempfehlungen. Zielgruppen dieses Werkzeugs sind Bauherr, Planungsingenieur und Abbruchunternehmer. Es sollen Vorschläge zur Berücksichtigung von Emissionen und Immissionen sowie zum Einsatz relevanter Schutzmaßnahmen in der Ausschreibungspraxis unterbreitet werden. Ein Vorschlag für die Weiterführung und Nutzung der entstehenden Datenbasis wird in der 2. und 3. Phase erarbeitet.

# 1. Einleitung

## 1.1. Ausgangssituation und Problemstellung

**Ausgangssituation:** Der Abbruch bestehender, nicht weiter nutzbarer Bauwerke, wird in Zukunft weiterhin erforderlich sein, denn viele ältere Gebäude lassen sich in der Regel nur teilweise oder gar nicht an veränderte Nutzungsbedingungen und hohe energetische Standards anpassen. Nachhaltigkeitsüberlegungen unterstützen die Begrenzung des Flächenverbrauchs sowie die Schaffung umwelt- und sozialverträglicher Siedlungsstrukturen (vgl. EK-SMU (1998) und (1999)), die mit weiteren Abbruchaktivitäten einhergehen. Zudem führen demografische und wirtschaftliche Veränderungen, wie der Bevölkerungsrückgang und die Verlagerung von Industrie- und Gewerbestandorten in Deutschland dazu, dass im Rahmen von Stadtumbaumaßnahmen Abbrüche erforderlich werden, um beispielsweise Wohnungsüberhänge und brachgefallene Industrie- und Gewerbeobjekte abzubauen. Aus diesen Gründen sind der Bauwerksabbruch und der Neubau auf alten Standorten und in dicht bebauten Gebieten notwendig und sinnvoll (vgl. Görg (2001)).

Der Abbruch ist wesentlicher Bestandteil des Gebäudelebenszyklus und kann sowohl Ende als auch Anfang (Materialquelle für den Neubau und Schaffung freier Fläche) eines Lebenszyklus darstellen. Oft wird der Abbruch jedoch mit untergeordneter Wichtigkeit am Lebenszyklusende eines Bauwerks wahrgenommen (vgl. Lippok und Korth (2007)). Im Rahmen der aktuellen Entwicklungen im Bereich des nachhaltigen Bauens wird die Abbruchphase meist hinsichtlich Verwertung und Beseitigung von Abbruchmaterialien, also der Abbruchnachbereitung, beleuchtet. Der zentrale Teil des Abbruchprozesses (Planung und Ausführung) mit seinen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt spielt, wenn überhaupt, eine untergeordnete Rolle.

**Problemstellung:** Der Abbruch von Bauwerken kann Emissionen verursachen. Diese beeinflussen maßgeblich die einwirkenden Immissionen<sup>1</sup> auf die Schutzgüter (Haltenorth et al. (2007)), wie beispielsweise den Menschen, die wiederum Auswirkungen, wie etwa gesundheitliche Folgen, haben können (vgl. Abbildung 1). Beim Abbruchprozess werden insbesondere den Emissionen Lärm<sup>2</sup>, Staub<sup>3</sup> und Erschütterungen Immissionsminderungspotenziale zugeschrieben. Bauteile und Abbruchabfälle weisen ungenutzte Potenziale zur höherwertigen Verwertung und Wiederverwendung auf.

Bei einem Teil der in Deutschland in den Abbruchprozess involvierten Akteure sind Lärm-Staub- und Erschütterungsimmissionen bereits integraler Bestandteil von Abbruchplanung, Abbruchdurchführung und Abbruchnachbereitung. Von einem Teil der Akteure werden diese derzeit jedoch nur unzureichend berücksichtigt und entsprechende Schutzmaßnahmen zur Minderung der Immissionen werden selten in die Ablaufplanung einbezogen (vgl. Haltenorth et al. (2007)). Gründe hierfür sind u.a. unvollständige Ausschreibungsunterlagen (beispielsweise ohne Differenzierung des bauplanungsrechtlichen Umfeldes), mangelnder Kenntnisstand hinsichtlich Ursachen und zielgerichteter Beeinflussung zur Eindämmung der Emissionen und Immissionen, unvollständiges Messkonzept (keine Berücksichtigung der Vorbelastung) und Wirtschaftlichkeitsaspekte (vgl. Lippok und Korth (2007) (unzureichender Arbeits- und Gesundheitsschutz)). Insbesondere fehlen belastbare, detaillierte Daten hinsichtlich Emissionen und Immissionen von Lärm, Staub und Erschütterungen während Abbruchaktivitäten sowie deren Determinanten. Daher fehlen auch Ansätze zur adäquaten Nutzbarmachung und Berücksichtigung derartiger Daten im Abbruchprozess, beispielsweise im Rah-

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird der nicht wertende Begriff „Immission“ statt des im Titel des Forschungsprojekts verwendeten Begriffs „Umweltbelastung“ verwendet. Weitere Begriffserklärungen finden sich im Glossar (vgl. Anhang A).

<sup>2</sup> Im Folgenden wird der Begriff „Lärm“ statt des Begriffs „Geräusche“ verwendet, wodurch implizit von als lästig empfundenen Geräuschen ausgegangen wird.

<sup>3</sup> Im Folgenden wird der Begriff „Staub“ statt des Begriffs „Luftverunreinigungen“ verwendet. Weitere Begriffserklärungen finden sich im Glossar (vgl. Anhang A)

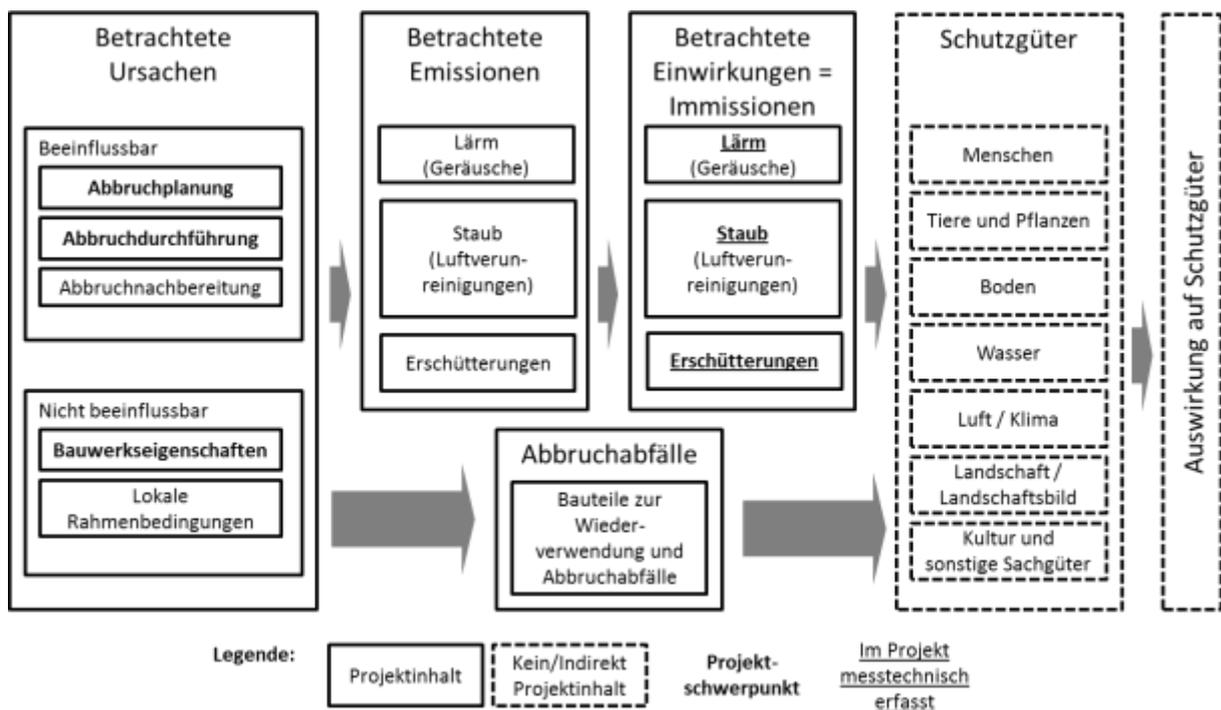
men eines gezielten Emissions- und Immissionsmanagements. Die schlechte Datenlage kann unter anderem auch durch die hohen Kosten entsprechender Messungen erklärt werden.

## 1.2. Zielsetzung und Aufbau des Berichts

**Zielsetzung:** Übergeordnetes Ziel der 1. und der geplanten 2. und 3. Phase des Forschungsprojekts ist die systematische Erfassung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen sowie die Entwicklung von Ansätzen zu deren Minderung.

Ziel der 1. Projektphase war es, eine Gesamtstruktur für die Datenintegration und das Planungswerkzeug zu entwickeln sowie geeignete Messwerte zu ermitteln, die die vorhandene Datengrundlage ergänzen. Dazu war eine messtechnische Erfassung von Immissionen auf mehreren Abbruchbaustellen vorgesehen, wobei unter Berücksichtigung der Vorbelastung (Immissionen ohne Abbruch) auf Emissionen einzelner Abbruchtätigkeiten (Maschine, Anbaugerät, Verfahren, Material) geschlossen werden sollte. Es wurde versucht, die Messpunkte möglichst nah an der Emissionsquelle zu platzieren, um den Effekt vorhandener Störquellen zu minimieren.

Für die Entwicklung von Immissionsminderungsansätzen – konkret: einem Planungsunterstützungswerkzeug und Handlungsempfehlungen – wurden beeinflussbare und nicht beeinflussbare Ursachen der Emissionen und Immissionen analysiert. Daneben wurden mögliche Schadstoffe, die höherwertige Verwertung von Abbruchabfällen, die Wiederverwendung von Bauteilen sowie auch der Arbeits- und Gesundheitsschutz in die Untersuchung einbezogen. Abbildung 1 verdeutlicht die Untersuchungsgegenstände des Projekts.



**Abbildung 1: Untersuchungsgegenstände des Forschungsprojekts**

Die im Rahmen des Projekts zu erarbeitenden Datenstrukturen und Messwerte wurden in einer Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterial-Datenbank zusammengeführt. Diese Datenbank ist Grundlage für ein prototypisches Werkzeug zur Unterstützung der Abbruchplanung, der Ableitung von qualitativen Aussagen zur Emissionsminderung sowie der in den Phasen 2 und 3 zu erarbeitenden Handlungsempfehlungen. Die Entwicklung des Planungswerkzeugs ermöglicht den Einsatz der Datenbasis in der Praxis. Ein Konzept hierzu wurde in der 1. Phase entwickelt und soll in der geplanten 2. und 3. Phase prototypisch, softwaretechnisch umgesetzt werden. Zielgruppen für die Anwendung dieses Werkzeugs sind Bauherr, Planungsingenieur und Abbruchunternehmer.

Weiteres Ziel der 2. und 3. Projektphase wird es sein, den Ansatz für eine Messtechnikanpassung aus Phase 1 umzusetzen und das entwickelte Planungswerkzeug zu verfeinern. Darauf basierend erfolgt die Ableitung von Handlungsempfehlungen für relevante Akteure. In diesem Zusammenhang ist in Phase 2 und 3 unter anderem eine Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt (UBA) geplant.

**Abgrenzung:** Der Umweltschutz umfasst im Rahmen des Immissionsschutzrechts und weiterer Schutzrechte alle Immissionen auf Schutzgüter. Das Rechtsgebiet des Arbeits- und Gesundheitsschutzes hingegen bezieht sich auf Arbeitnehmer. Auf Arbeitnehmer wirkende/r Lärm, Staub und Erschütterungen sind dabei rechtlich nicht den Immissionen zuzuordnen. Daher wird im Rahmen des Projektes eine Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank, nicht jedoch eine Datenbank hinsichtlich Gesundheitsbelastungen, erarbeitet. Die beim Abbruch umwelt- und gesundheitsrelevanten Inhaltsstoffe aus Abbruchabfällen können über unterschiedliche Pfade in die Schutzgüter eingetragen werden. Es hat sich gezeigt, dass im Rahmen des Projektes eine Analyse und umfangreiche Untersuchungsreihen durch Messungen am dabei entstehenden Bauschutt nicht zu leisten sind und dass andere Projekte diese Problematik expliziter betrachten. Daher wird der Fokus dieses Projektes auf Emissionen und Immissionen von Lärm, Staub und Erschütterungen gelegt.

**Aufbau des Berichts:** Zwecks besserer Lesbarkeit des Endberichtes ist dieser nicht nach Arbeitspaketen sondern inhaltlich strukturiert. Diese finden sich in übersichtlicher Form in Anhang B, aufgeteilt auf die Projektphasen 1, 2 und 3.

Nach der Einleitung wird in Kapitel 2 auf wichtige Definitionen und in Kapitel 3 auf den Stand der Technik sowie rechtliche Rahmenbedingungen und Regelwerke, Daten, Hilfsmittel zur Unterstützung der Abbruchplanung und derzeitige Messtechnik eingegangen. In Kapitel 4 werden das Gesamtkonzept und der Mehrwert des Projekts vorgestellt. Die bisherigen Ergebnisse der 1. Phase, die einzelnen Komponenten des Abbruchplanungsunterstützungswerkzeugs, die damit verbundene Datensammlung und der Ansatz für das geplante Immissionserfassungssystem werden in Kapitel 5 erläutert. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse abschließend zusammen und gibt einen Ausblick auf Phase 2 und 3.

## 2. Definitionen

### 2.1. Emission

Emissionen sind „die von einer Anlage [und anderen Quellen] ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Erscheinungen“ (§ 3 Abs.3 BImSchG, zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 27.6.2012 I 1421). Dabei können Emissionen an punkt-, linien- oder flächenförmigen Emissionsquellen auftreten. Als punktförmige Emissionsquelle kann bspw. der Motor einer Maschine angesehen werden, während Abbruchaktivitäten an einer Wand oder Decke als linien- bzw. flächenförmige Emissionsquelle bezeichnet werden können.

Emissionen von Bau- und Abbruchmaschinen werden in der Regel mit mehreren, kreisförmig um die Maschine angeordneten Sensoren ermittelt und finden sich in Datenblättern der Maschinenhersteller (vgl. Abschnitt 2.2). Emissionen aus Abbruchaktivitäten mit Verfahrensbezug werden derzeit durch Anhang A der Norm 18007:2009-03 grob dargestellt.

### 2.2. Immission

Immissionen sind „auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen (z.B. Staub, Gase oder Geruchsstoffe), Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen“ (§ 3 Abs.2 BImSchG, zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 27.6.2012 I 1421). Relevante Beurteilungspunkte für die Messung von Immissionen beim Abbruch werden je nach Schutzgut, Situation und Rahmenbedingungen bestimmt.

Beim Bauwerksabbruch sind Arbeitnehmer und Anwohner sowie die angrenzenden baurechtlichen Gebiete, Nachbarbauwerke als relevante Schutzgüter zu bezeichnen, die je nach Gebietstyp im Bebauungsplan unterschiedliche Schutzanforderungen haben. An ihren Begrenzungen werden Immissionen gemessen, wobei die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten sind (vgl. Kapitel 3.1).

Bei der Messung von Immissionen sind die Rahmenbedingungen zu beachten und zu dokumentieren. Denn Vorbelastungen<sup>4</sup>, meteorologische Bedingungen, Abbruchverfahren, Größe von Maschine und Anbaugerät, Höhe der Emissionsquelle über der Geländeoberkante, Umfeld (Nachbarbebauung, Bewuchs etc.) und Zeitdauer haben Einfluss auf die Messergebnisse. Für die Messung von Immissionen an Abbruchbaustellen kann durch Schutzmaßnahmen eine Minderung ermittelt, herbeigeführt und dokumentiert werden.

Die bei der Immissionsmessung von Lärm, Staub und Erschütterungen relevanten Beurteilungspunkte, Richtwerte und Schutzbedürftigkeit der Immissionsorte sowie Gesetze, Normen und Richtlinien werden in Kapitel 3.1 erläutert.

---

<sup>4</sup> Vorbelastungen von Lärm-, Staub- und Erschütterungsimmissionen. Weitere Begriffserklärungen finden sich im Glossar (vgl. Anhang A)

### 3. Regelwerke und Stand der Technik

Abschnitt 3.1 beschreibt Handhabung und Ermittlung von Immissionen beim Bauwerksabbruch anhand der geltenden, rechtlichen Regelungen, Normen und Richtlinien. Dabei werden zunächst Immissionen von Lärm, Staub und Erschütterungen beim Abbruch erläutert. Anschließend werden Schadstoffe sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz aufgrund der unterschiedlichen Rechtslage gesondert betrachtet. Kapitel 3.2 erläutert die aktuelle Datenlage und relevante Datenbanken hinsichtlich Emissions- und Immissionsdaten zu Lärm, Staub und Erschütterungen sowie zu Informationen über Schadstoffe bei Bauwerksabbrüchen. In Kapitel 3.3 werden existierende Hilfsmittel zur Unterstützung des Abbruchprozesses umrissen. Kapitel 3.4 geht auf die derzeit bei der Abbruchdurchführung eingesetzte Messtechnik ein.

#### 3.1. Handhabung und Bestimmung von Umwelteinwirkungen beim Bauwerksabbruch

##### 3.1.1. Lärm

Lärm bezeichnet störende „Geräuschimmissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen der Allgemeinheit oder der Nachbarschaft herbeizuführen“ (Abs. 2.1 TA Lärm).

**Rechtliche Regelungen:** Rechtlich sind bei Abbruchaktivitäten Regelungen hinsichtlich möglichen Lärms am Arbeitsplatz und Lärmimmissionen auf die Umwelt zu unterscheiden (Lippok und Korth (2007)). Lärmimmissionen auf die Umwelt werden von folgenden Regelungen thematisiert<sup>5</sup>:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – **BImSchG**) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27. Juni 2012 (BGBl. I S. 1421) geändert worden ist.
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – **TA Lärm**) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503).
- Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – **16. BImSchV**) vom 19. September 2006 (BGBl. I S. 2146).
- 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – **32. BImSchV**) vom 29. August 2002 (BGBl. I S. 3478), zuletzt geändert am 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178).
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970 (Beil. zum BAnz. Nr. 160) (**AVV Baulärm**).
- Bebauungsplan und hier festgelegte bauliche Nutzung der Gebiete der jeweiligen Gemeinde.

Die TA Lärm „dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche“ und legt Immissionsrichtwerte für Gewerbelärm an Immissionsorten außerhalb von Gebäuden fest. Für Gutachten im Zusammenhang mit Abbrucharbeiten wird die TA Lärm häufig statt der AVV Baulärm herangezogen. Dabei spielen

---

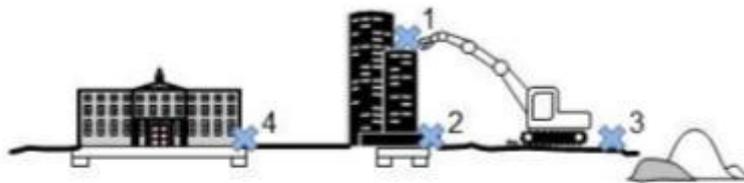
<sup>5</sup> Vgl. auch die Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen, zuletzt berichtigt am 17.06.2006 (ABl. EU Nr. L 165 S. 35).

die Gemengelage, seltene Ereignisse und Spitzenpegel eine zentrale Rolle. Die nach TA Lärm zur Beurteilung von Schallimmissionen herangezogenen Maximal- und Durchschnittswerte beziehen sich derzeit auf einen Arbeitstag (8h).

Darüber hinaus regelt die aktuelle Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung die Betriebszeit der Abbruchmaschinen und -geräte in Abhängigkeit von der Maschine und dem Gebietscharakter (z. B. in „Wohngebieten“ oder in „empfindlichen Gebieten“ (§ 7 und § 8 32. BImSchV)). Die sachgerechten Ausschreibungsunterlagen des verantwortlichen Bauherrn bzw. Planungsingenieurs haben dabei die Einhaltung der genannten rechtlichen Aspekte zu berücksichtigen.

Im Bereich der Normen und Richtlinien fließen die DIN ISO 9613-2:1999-10<sup>6</sup>, DIN EN 12354-4:2001-04<sup>7</sup> sowie die Richtlinien für den Verkehrslärmschutz RLS-90:1990 in die Immissionsermittlung ein.

**Erfassung:** Lärmimmissionen werden meist an maßgeblichen Immissionsorten gemessen, d. h. an benachbarter Bebauung<sup>8</sup> oder an baurechtlichen Gebietsgrenzen (vgl. (4) in Abbildung 2). Lärmemissionen treten bei Abbrucharbeiten an der Abbruchstelle (1), am Ort des Aufpralls herabstürzender Teile (2) oder am Motor der eingesetzten Maschine (3) auf (vgl. Abbildung 2). Für die Ermittlung von Lärmimmissionen möglichst nah an der Emissionsquelle sind daher Messungen am Motor der eingesetzten Maschine (3) und wenn möglich an der Abbruchstelle (1) zielführend.



**Abbildung 2: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Lärmimmissionen**

**Gutachten:** Für die Ermittlung von Lärmemissionen und -immissionen bei Abbrucharbeiten werden gegenwärtig häufig Gutachten nach TA Lärm von Gutachtern und Ingenieurbüros erstellt. Diese verwenden topographische Geländedaten, relevante Gebäudekonfigurationen und Aktivitätsprofile der geplanten Abbrucharbeiten. Aktivitätsprofile umfassen die Lärmemissionen, die Emittenten (Maschinen)<sup>9</sup>, die Abbruchtätigkeit (Verfahren), den genauen Standort der Emissionsquelle, die Zeitdauern sowie die Anteile an impulshaltigem Schall. Eingabedaten in das gutachterliche Lärmausbreitungsmodell sind außerdem Daten der Wetterkarte (e.g. Winddaten, können auf Messungen basieren) sowie Informationen über die Vorbelastungen, die am Abbruchstandort vorliegen. Die Emissionsinformationen basieren meist auf Maschinendatenblättern und Erfahrungswerten. Weitere, von Ingenieurbüros verwendete Eingabedaten sind jedoch in der Regel nicht öffentlich verfügbar.

Im Rahmen des Lärmgutachtens wird eine, meist zweidimensionale Lärmkarte mit der erwarteten Lärmausbreitung erstellt, die Zonen mit gleichen Schalleistungspegeln unter den vorherrschenden Rahmenbedingungen darstellt.

<sup>6</sup> DIN ISO 9613-2:1999-10: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeine Berechnungsverfahren

<sup>7</sup> DIN EN 12354-4:2001-04: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie

<sup>8</sup> DIN 4109:1989-11 thematisiert dabei den Schallschutz im Hochbau und ist insbesondere beim Teilabbruch unter dem Gesichtspunkt der Schallübertragung auf direkt angrenzende Bauwerke relevant.

<sup>9</sup> Bspw. ermittelt nach dem Hüllflächenverfahren in DIN 45 635-33:1979-07 Geräuschmessung an Maschinen - Luftschallmessung, Hüllflächen-Verfahren, Baumaschinen oder DIN 45635-31:1980-11 für Zerkleinerungsmaschinen.

**Fazit:** Die in der Praxis herangezogene TA Lärm bezieht sich nicht explizit auf Bau- und Abbrucharbeiten. Die rechtlich gültige AVV Baulärm wird in der Abbruchpraxis selten zur Beurteilung von Lärmimmissionen herangezogen. Derzeit sind die zur Beurteilung von Schallimmissionen herangezogenen Maximal- und Durchschnittswerte auf einen Arbeitstag (8h) bezogen und die Fläche bzw. das Volumen des Abbruchobjekts oder die gesamte Abbruchdauer findet hierbei keine Berücksichtigung.

Zur eindeutigen und einheitlichen Erfassung von Lärmimmissionsdaten bei Bauwerksabbrüchen unabhängig von Schutzgut, möglichst nah an der Emissionsquelle, um von diesen Daten auf die Emissionen rückschließen zu können, gibt es derzeit keine abschließende Bestimmung, die die dazu notwendigen Messpunkte an einer Abbruchbaustelle beschreibt.

Bisherige Gutachten basieren zum einen auf maschinenbezogenen Emissionswerten. Zum anderen werden nicht frei verfügbare, unterschiedliche Erfahrungs- und Messwerte zur Berechnung der Lärmkarten (Ausbreitung) und Lärmimmissionen herangezogen.

### 3.1.2. Staub

Staub wird nach Partikelgröße in einatembare und alveolengängige Stäube<sup>10</sup> differenziert. Luftverunreinigungen dieser Art werden in Bezug auf die Wirkungsräume Mensch (am Arbeitsplatz) und Umwelt (Umweltmedien, Nachbarschaft) unterteilt.

**Rechtliche Regelungen:** Folgende rechtliche Regelungen greifen bei Staubimmissionen auf die Umwelt:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – **BImSchG**) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27. Juni 2012 (BGBl. I S. 1421) geändert worden ist.
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – **TA Luft**) vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert am 24. Juli 2002 (GMBI Nr. 25-29 vom 30. Juli 2002, S. 511).

Staubimmissionen auf die Umwelt werden hauptsächlich in der TA Luft geregelt. Darin sind stoffbezogene Staubkonzentrationen und Schweb-Staubkonzentrationen bezogen auf den Normzustand<sup>11</sup> mit ihrer jeweils zulässigen Überschreitungshäufigkeit genannt. Beispielsweise liegt für PM10-Schwebstaub die Jahres-Konzentration bei 40 µg/m<sup>3</sup> und die Tages-Konzentration (24h) bei 50 µg/m<sup>3</sup> (mit 35 zulässigen Überschreitungen im Jahr) (Abs. 4.2.1 TA Luft). Jedoch dürfen Tagesmittelwerte nicht und Halbstundenmittelwerte höchstens um das 2fache der festgelegten Konzentration überschritten werden (Abs. 2.7 TA Luft). Außerdem ist ein mittlerer Immissionswert für Staubbiederschlag (Deposition) von 0,35 g/(m<sup>2</sup>×Tag) definiert, der nicht überschritten werden darf (Abs. 4.3.1 TA Luft).

Wichtige Richtlinien sind bei der Ermittlung von Staub an Abbruchbaustellen die VDI-Richtlinie 3783-Blatt 13<sup>12</sup> sowie VDI-Richtlinie 3790-Blatt 1 und 3<sup>13</sup>. Eine Beschreibung der Schwebstaubermittlung und der Messdatenauswertung findet sich in der VDI-Richtlinie 2463-Blatt 1<sup>14</sup>, sowie für die PM-10-Fraktion des Schwebstaubs in DIN EN 12341:2012-07<sup>15</sup>.

---

<sup>10</sup> Vgl. Glossar (Anhang A)

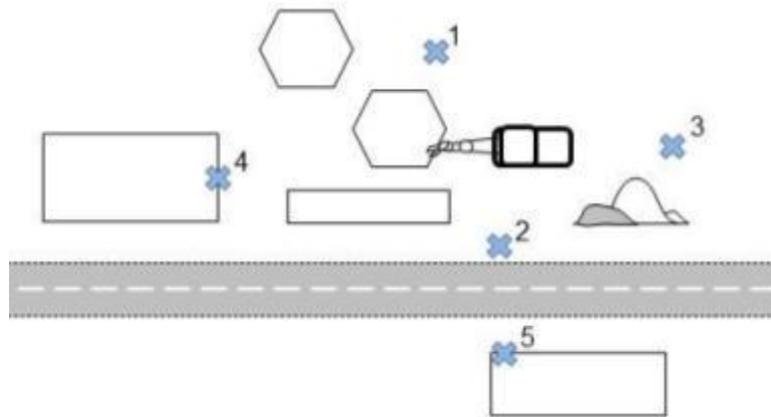
<sup>11</sup> Die TA Luft definiert den Normzustand mit 273,15 K und 101,3 kPa unter Abzug des Feuchtegehalts, für den die volumenbezogenen Emissionsmengen angegeben sind (Abs. 2, TA Luft).

<sup>12</sup> VDI-Richtlinie 3783-Blatt 13:2010-01 Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz. Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft

<sup>13</sup> VDI-Richtlinie 3790-Blatt 1:2005-01 Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Grundlagen. VDI-Richtlinie 3790-Blatt 3:2010-01 Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern.

<sup>14</sup> VDI-Richtlinie 2463-Blatt 1:1999-11 Messen von Partikeln – Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft - Grundlagen

**Erfassung:** Die Beurteilungspunkte für die Messung von Staubimmissionen können je nach Rahmenbedingungen und relevantem Immissionsort in der Nähe des Abbruchs sein, wie (1) und (2). Sie können aber auch hinsichtlich der Berücksichtigung von Vorbelastungen an Verkehrswegen liegen (3) oder an Immissionsorten, an denen Arbeitnehmer, Anwohner oder benachbarte Bauwerke und Anlagen betroffen sind (vgl. (4) und (5) in Abbildung 3).



**Abbildung 3: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Staubdeposition und Feinstaub (PM 10)**

Bei derzeitig durchgeführten Staubmessungen nach TA Luft ergibt sich die genaue Lage der Messpunkte aus intensiven Diskussionen bezüglich der lokalen Rahmenbedingungen am Abbruchobjekt. Meist werden mindestens drei Messpunkte im Umkreis des Abbruchobjektes gewählt und die Staubimmissionen (Staubdeposition und PM 10) über einige Tage gemessen. Diese Messpunkte sind daher nicht ohne weiteres verallgemeinerbar oder in Bezug auf bestimmte Abbruchaktivitäten interpretierbar. Eine umfassende Norm zur Ermittlung von Luftverunreinigungen (bzw. Staub) bei Abbrüchen gibt es derzeit nicht. Staubemissionen können nur schwer quantifiziert und Abbruchaktivitäten zugeordnet werden, da direkt an der Emissionsquelle oft nicht gemessen werden kann und auch dann Rahmenbedingungen wie Wetterverhältnisse das Ergebnis stark beeinflussen können.

Die Bestimmung der Staubinhaltsstoffe durch Analyse im Labor ist je nach Region und je nach verbauten Materialien und Baujahr des Abbruchobjektes auf andere Inhaltsstoffe fokussiert.

**Gutachten:** Die Durchführung eines Gutachtens nach TA Luft an einem Abbruchobjekt erfolgt derzeit selten. Wenn ein Gutachten für den Einzelfall erstellt wird, werden für eine Ermittlung des Gesamtstaubs (Deposition), des Feinstaubes (PM 10) und der Staubinhaltsstoffe sowie seine Verteilung Messungen und Modellrechnungen durchgeführt. Eingabeparameter für die Berechnungen sind dabei digitale Geländemodelle, exakte Wetterdaten von Wetterstationen (teilweise mit Übertragungsgutachten), Emissionsangaben der Maschinen und die Vorbelastung am Abbruchstandort.

**Fazit:** Die in der Praxis oft als Beurteilungsmaßstab herangezogene TA Luft bezieht sich nicht explizit auf Bau- und Abbrucharbeiten. Die hier enthaltenen Richtwerte beziehen sich jedoch auf deutlich längere Zeiträume (Jahresmittelwerte) als für Abbruchaktivitäten relevant. Die Messpunkte sind nicht allgemein festgelegt, sondern werden in jedem Fall mit den zuständigen Behörden abgestimmt. Vorbelastungen werden darin nur teilweise berücksichtigt. Bisherige Gutachten sind selten und basieren auf meist nicht frei verfügbaren, unterschiedlichen Erfahrungs- und Messwerten zur Berechnung der Ausbreitung und Staubimmission.

<sup>15</sup> DIN EN 12341:2012-07: Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10- oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes

### 3.1.3. Vibrationen und Erschütterungen

Nach DIN 4150-3:1999-02 sind Erschütterungen „mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell schädigender oder belästigender Wirkung“ (siehe auch § 3 Abs. 1 BImSchG) auf bauliche Konstruktionen und Menschen darin. Erschütterungen können von geometrisch und zeitlich unterschiedlichen Quellentypen ausgehen und unterscheiden sich in Häufigkeit und Frequenzbereich (DIN 4150-1:2001-05, § 4). Im Rahmen des Abbruchs sind besonders die in DIN 4150-1 genannten Erschütterungsquellen der fallenden Massen relevant. Entscheidend für die Erschütterungsausbreitung sind die Struktur des Immissionsortes sowie die Eigenschaften des Untergrunds auf dem Ausbreitungsweg (DIN 4150-1:2001-06, § 4).

**Rechtliche Regelungen:** Rechtliche Regelungen unterscheiden zwischen Einwirkungen durch Erschütterungen auf Menschen (am Arbeitsplatz) sowie auf bauliche Konstruktionen und Menschen darin (Umwelt). Relevante rechtliche Regelungen für Erschütterungsimmissionen auf die Umwelt beim Bauwerksabbruch sind:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – **BImSchG**) vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721),
- Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 10. Mai 2000: „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“.

Darüber hinaus regeln die Normen DIN 4150 Teile 1 bis 3 Erschütterungen im Bauwesen. Teil 1 beschreibt die Vorermittlung der Erschütterungsimmissionen, während Teil 2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und Teil 3 Wirkungen auf bauliche Anlagen und Umgebung beurteilen. Diese Beurteilung umfasst die Klassifizierung von Erschütterungsimmissionen in 3 Stufen.

Zur Messung von Erschütterungen im Bauwesen existieren die DIN 45669-1:2010-09<sup>16</sup> und die DIN 45669-2:2005-06<sup>17</sup>, sowie vertiefend Veröffentlichungen zur Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (LfU (2005), Lfl (2000)).

**Erfassung:** Für die Ermittlung der Erschütterungsemission sollten die Messpunkte möglichst nah an den einleitenden Punkten am Fundament (1), auf dem Baugrund (2) mit Angabe der Bodenbeschaffenheit oder für maschinenbezogene Emissionen in der Nähe der Maschine (3) (vgl. Abbildung 4) liegen. Für die Messung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 und 4150-3 wird an Messpunkten am benachbarten Gebäude (Gebäudemitte oder an der obersten Decke) (4) oder am Fundament des benachbarten Gebäudes (5) gemessen (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4: Mögliche Messpunkte für die Ermittlung von Erschütterungsimmissionen**

**Gutachten:** Gutachten für Erschütterungen beim Bauwerksabbruch werden sehr selten durchgeführt.

<sup>16</sup> DIN 45669-1:2010-09: Messung von Schwingungsimmissionen - Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen.

<sup>17</sup> DIN 45669-2:2005-06: Messung von Schwingungsimmissionen - Teil 2: Messverfahren.

**Fazit:** Rechtlich geregelt werden Erschütterungen im Bauwesen durch das BImSchG und durch Normen und Richtlinien ergänzt. Eine entsprechende Technische Anleitung für Erschütterungen und Vibrationen wie für Lärm und Luft, die sich explizit auf Erschütterungsimmisionen bei Bau- und Abbrucharbeiten bezieht, existiert nicht.

Zur eindeutigen und einheitlichen Erfassung von Erschütterungsimmisionen bei Bauwerksabbrüchen unabhängig von Schutzgut, möglichst nah an der Emissionsquelle, um von diesen Daten auf die Emissionen rückschließen zu können, gibt es derzeit keine abschließende Bestimmung, die die dazu notwendigen Messpunkte auf einer Abbruchbaustelle beschreibt.

Bisher werden Gutachten sehr selten durchgeführt und basieren auf meist nicht frei verfügbaren, unterschiedlichen Erfahrungs- und Messwerten zur Berechnung der Ausbreitung und Immission. Vorbelastungen werden darin nur teilweise – bspw. von Straßenverkehr - berücksichtigt.

### 3.1.4. Bauteile zur Wiederverwendung, Abbruchabfälle und Schadstoffe

Für abgebrochene Bauteile, Recycling-(RC)-Baustoffe und Schadstoffe aus Bauwerksabbrüchen gelten die folgenden rechtlichen Regelungen:

- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – **KrWG**) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
- Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material (Ersatzbaustoffverordnung – **ErsatzbaustoffV**) (Arbeitsentwurf, Stand: 31.10.2012).
- Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - **GewAbfV**) vom 19. Juni 2002 (BGBl. I S. 1938), die zuletzt durch Art. 5 Abs. 23 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 121) geändert worden ist.
- Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - **NachwV**) vom 20. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2298), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 27 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 22, des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

Das KrWG gibt die absteigende Rangfolge für Maßnahmen der Abfallvermeidung, der Wiederverwendung, des Recyclings (RC), der sonstigen Verwertung und der Beseitigung vor.

Der Arbeitsentwurf der geplanten Ersatzbaustoffverordnung (Stand: 31.10.2012), die insbesondere den Schutz von Wasser und Boden fordert, legt Schwellenwerte für bestimmte Stoffgehalte in RC-Baustoffen fest, die Erzeuger und Verwender von mineralischen Ersatzbaustoffen sowie Betreiber von Aufbereitungsanlagen des RC-Materials beachten sollen. Der Nachweis der Materialzusammensetzung soll laut § 7 der ErsatzbaustoffV anhand des Prüfverfahrens in DIN EN 932-1-1999-03 erfolgen.

Für die ordnungsgemäße Entsorgung von schadstofffreien Abbruchmaterialien sorgt die Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (GewAbfV). Die Entsorgung schadstoffhaltiger Abbruchmaterialien wird durch die Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (NachwV) bestimmt. Weitere Regelungen finden sich in den bundeslandspezifischen Landesabfallgesetzen (LAbfG) und Verwertungsrichtlinien. Außerdem beschreibt die neue VDI-Richtlinie VDI/GVSS 6202-Blatt 1 E:2012-06 (Entwurf), wie bei einer Sanierung schadstoffbelasteter Gebäude hinsichtlich Umwelt- und Arbeitsschutz vorzugehen ist.

**Fazit:** Maßgeblich für die Entsorgung von Abbruchabfällen wird die neue ErsatzbaustoffV sein, die derzeit als Arbeitsentwurf vorliegt. Sie wird für die in Abbruchprojekten involvierten Akteure Richtwerte und Messverfahren zur Herstellung/Aufbereitung und Verwendung von RC-Baustoffen vorgeben. Die GewAbfV und NachwV sind der ErsatzbaustoffV untergeordnet.

### 3.1.5. Arbeits- und Gesundheitsschutz

Insgesamt betrachtet gibt es für den Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Abbruchbaustellen bereits umfangreiche Arbeitsschutzvorschriften und Regelungen. Bauherr und Bauunternehmer haben dabei in den letzten Jahren eine größere Verantwortung für Kontroll- und Dokumentationsaufgaben erhalten. Wesentliche rechtliche Regelungen sind:

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung – **BaustellV**) vom 10. Juni 1998 (BGBl. I S. 1283), die durch Artikel 15 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758) geändert worden ist.
- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – **LärmVibrationsArbSchV**) vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960) geändert worden ist.
- Arbeitsstättenverordnung (Arbeitsstättenverordnung – **ArbStättV**) vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960) geändert worden ist.
- Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – **GefStoffV**) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1622) geändert worden ist.
- Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – **TRLV Lärm** (GMBl. Nr. 18-20 vom 23. März 2010, S. 359).
- Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – **TRLV Vibrationen** (GMBl. Nr. 14/15 vom 10. März 2010, S. 271).

Falls ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan notwendig ist, ist der Bauherr nach BaustellV für die Bestellung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinators verantwortlich. Behörden und Berufsgenossenschaften kontrollieren stichprobenartig die Einhaltung dieser Vorgaben. Der Abbruchunternehmer ist für die Erstellung einer Abbruchanweisung und einer Gefährdungsbeurteilung verantwortlich. Falls das geplante Abbruchprojekt voraussichtlich gefährliche Materialien nach Anhang II, Abschnitt 2 der BaustellV beinhaltet, so gilt für den Arbeitgeber eine Informationspflicht (vgl. BGR 128 (Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Kontaminierte Bereiche) und eine Verpflichtung, vor Einrichtung der Baustelle einen Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan zu erstellen (vgl. § 2.2 BaustellV).

Die GefStoffV regelt die Einstufung, Kennzeichnung, Produktion und Verwendung von gefährlichen Stoffen sowie den Schutz von Personen, die Kontakt zu Gefahrstoffen haben. Dazu zählen auch schädliche, einatembare und alveolengängige Stäube am Arbeitsplatz. Diverse Technische Regeln ergänzen die Vorgaben (TRGS 402, 517, 519, 521, 559, 906 etc.). Der allgemeine Staubgrenzwert (ohne erbgutverändernde, krebserzeugende, fibrogene, allergisierende oder toxische Wirkung) am Arbeitsplatz liegt für die alveolengängige Fraktion (A-Staub) bei 3 mg/m<sup>3</sup> und für die einatembare Fraktion (E-Staub) bei 10 mg/m<sup>3</sup> (vgl. TRGS 900 und TRGS 559). Außerdem muss nach TRGS 402 (2010) bei inhalativer Exposition von Gefahrstoffen vom Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. Dabei sind in den jeweiligen Technischen Regeln Expositionskategorien mit entsprechenden Schutzmaßnahmen definiert.

§ 9 LärmVibrationsArbSchV definiert Grenzwerte für Lärmimmissionen sowie für Hand-Arm-Vibrationen und Ganzkörper-Vibrationen am Arbeitsplatz mit Tages- (8h) bzw. Wochen-Lärmexpositionspegel sowie Expositionsgrenzwerten und Auslösewerten. Demnach liegt der Expositionsgrenzwert für Hand-Arm-Vibrationen bei 5 m/s<sup>2</sup>, der Auslösewert bei 2,5 m/s<sup>2</sup>.

Der Ganzkörper-Expositionsgrenzwert ist von der Schwingrichtung abhängig. Gemäß § 3 Abs.4 LärmVibrationsArbSchV ist der Arbeitgeber angehalten, die am Arbeitsplatz möglichen Vibrationen zu dokumentieren und geeignete Maßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung der Gefährdung vorzuschlagen. Die entsprechenden Technischen Regeln TRLV Lärm und TRLV Vibrationen ergänzen die LärmVibrationsArbSchV. Weitere Vorschriften wie BGV B 3 (Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“) oder die VDI-Richtlinie 2058-Blatt 2 und 3<sup>18</sup> ermöglichen die Beurteilung von Lärmexposition am Arbeitsplatz. Die VDI-Richtlinie 2057-Blatt 1<sup>19</sup> und Blatt 3<sup>20</sup>, sowie die DIN EN ISO-Teil 1 und 2<sup>21</sup> regeln den Umgang von Vibrationen in den menschlichen Körper am Arbeitsplatz.

**Fazit:** Der Umgang mit Immissionen am Arbeitsplatz sowie mit anderen Aspekten des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sind in den genannten rechtlichen Regelwerken ausführlich beschrieben und umfassend durch Technische Regeln, Normen und Richtlinien ergänzt. Messverfahren zur Exposition auf Arbeitnehmer werden von Berufsgenossenschaften, im Falle des Bauwesens der BG Bau, seit langem umfangreich durchgeführt.

## 3.2. Daten und Datenlage zu Emissionen und Immissionen beim Bauwerksabbruch

### 3.2.1 Literatur- und Herstellerdaten

In **Lippok und Korth (2007)** werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Abbruchmaschinen sowie deren Einsatzeignung hinsichtlich Materialien und Bauteilen beschrieben. Das Auftreten von Lärm, Staub und Erschütterungen je Abbruchmaschine wird ebenfalls geschildert. Es erfolgt jedoch keine qualitative oder quantitative Aussage über die Höhe der jeweiligen Emissionen und Immissionen.

In **Krämer et al. (2004)** sind unter anderem Emissionsdaten von einzelnen Abbruchmaschinen enthalten. Dieser Bericht und die dort enthaltenen Daten sind eine der Hauptliteraturquellen von Schallgutachten und für die in diesem Bereich eingesetzten Ausbreitungsmodelle.

**Datenblätter der Maschinenhersteller** enthalten Angaben zu Parametern von Abbruchmaschinen und Anbaugeräten, wie beispielsweise Leistungsparameter, Größe, Einsatzbereich, Einsatzzweck und Aktionsradien (Platzbedarf).

### 3.2.2 Rechtliche und Technische Regelwerke

Die **EU-Richtlinie 2000/14/EG** (zuletzt geändert am 17.06.2006) zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen enthält die maximal zulässigen Geräuschemission (Schalleistungspegel) einer Auswahl von Maschinen, die auch bei Abbruchaktivitäten eingesetzt werden. Jede Maschine wird grob hinsichtlich ihres Einsatzgebiets und ihrer Funktionsweise definiert. Für jede Maschine wurde ein normiertes Messver-

---

<sup>18</sup> VDI 2058 Blatt 2: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Hörschäden, 1988-06. VDI 2058 Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung der Tätigkeiten, 1999-02.

<sup>19</sup> VDI-Richtlinie 2057-Blatt 1: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen - Ganzkörper-Schwingungen, 2002-09.

<sup>20</sup> VDI-Richtlinie 2057-Blatt 3: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen - Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden, 2012-02.

<sup>21</sup> DIN EN ISO 5349: Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1:2001 und Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (ISO 5349-2:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-2:2001

fahren hinterlegt (in der Regel mit Annahme des „ungünstigsten Falls“, bezogen auf ein vorgegebenes Material).

Die **DIN 18007:2009-03: Abbrucharbeiten - Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche** macht Aussagen über die Eignung von Abbruchverfahren für Bauwerkstypen, Bauteile und Baustoffe sowie zu Abhängigkeiten zwischen Abbruchverfahren und Lärm-, Staub- und Erschütterungswirkungen. Es wird jedoch nicht genauer definiert, ob es sich hierbei um Emissionen oder Immissionen handelt und eine qualitative oder quantitative Aussage über die Höhe dieser Auswirkungen wird auch nicht getroffen.

Die **TRGS 559** (2010), herausgegeben von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, gibt aggregierte Kennzahlen für die Staubkonzentrationen von A-Staub, E-Staub,<sup>22</sup> Quarzstaub sowie Expositionskategorien bei Abbrucharbeiten an. Diese Kennzahlen werden nach Bau-/Abbruchmaschinen, nach Verfahren und nach Abbruchmaterialien gegliedert.

### 3.2.3 Datenbanken

Die Datenbank **KarLA**<sup>23</sup> (**K**atalog repräsentativer **L**ärm- und **V**ibrationsdaten am **A**rbeitsplatz) beinhaltet u.a. 616 Datensätze von Vibrations- und Lärmemissionen von verschiedenen Maschinen, mit spezifischen Leistungsparametern je Maschinentyp. Durch die Wahl der Maschinengruppe und der Maschinenkategorie wird für ein begrenztes Sortiment von Maschinentypen, der Schallpegel angegeben. Lärmdaten liegen dabei sowohl als Immissions- als auch als Emissionsdaten und als Herstellerangaben gemäß § 4 32. BImSchV bzw. gemäß § 16 Abs.1 RL 2000/14/EG vor. Die Vibrationsdaten sind nach Ganzkörper- und Hand-Arm-Immissionen unterteilt.

Die **Offroad-Datenbank**<sup>24</sup>, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, beinhaltet Baumaschinen mit Angaben zur Maschinenkategorie, zum Motorentyp, zur Leistungsklasse, zur Emissionsstufe, zum Schadstoffausstoß, zu den durchschnittlichen Betriebsstunden pro Jahr und zu den Emissionsfaktoren.

Die **GISBau-Datenbank**<sup>25</sup> (Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft) informiert zu Gefahrstoffen beim Bauen, Renovieren und Reinigen. Sie enthält Betriebsanweisungen gemäß § 14 GefStoffV, Handlungsanleitungen und Broschüren zur Gefahrstoffproblematik sowie Hinweise zum sicheren Umgang mit Gefahrstoffen zur Vermeidung von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen. Ziel dieser Datenbank ist es, Arbeitgeber und Arbeitnehmer beim Arbeits- und Gesundheitsschutz den Zugriff auf Technische Regeln sowie nationale und europäische Gesetze und Richtlinien, Gefahrstoff-Broschüren und Expositionsbeschreibungen zu erleichtern. In der zugehörigen **WINGIS-Datenbank** (Datenbank zu Informationen für Tätigkeiten mit Chemikalien beim Bauen) sind zusätzlich Produktinformationen und Betriebsanweisungen verfügbar. Sie dient der Unterstützung der Unternehmer bei der Gefährdungsbeurteilung und deren Dokumentation.

Die Schall-Emissions-Literatur-Datenbank **SELIDAT**<sup>26</sup> enthält Hinweise auf Literaturquellen, die Emissionsdaten zu vereinzelt Abbruchmaschinen beinhalten. Emissionsdaten selbst sind jedoch nicht enthalten.

### 3.2.4 Messdaten

Vereinzelt werden **Messungen von Lärm-, Staub- und Erschütterungsmissionen** auf Abbruchbaustellen durchgeführt. Meist werden diese Messungen zur Kontrolle der Immissionsberechnungen aus vorangestellten Gutachten durchgeführt. Werte aus diesen Messun-

---

<sup>22</sup> Siehe Glossar (Anhang A)

<sup>23</sup> Vgl. Landesamt für Arbeitsschutz Potsdam (Hrsg.) (2011)

<sup>24</sup> Vgl. Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2010)

<sup>25</sup> Vgl. BG Bau (2012)

<sup>26</sup> Vgl. LfU (2012)

gen sind in der Regel nicht öffentlich verfügbar. Ausnahmen stellen hierbei Messdaten dar, die im Rahmen von Forschungsprojekten erfasst wurden, wie sie beispielsweise in dem Forschungsbericht Mettke, A. (Hrsg.) (2008) (Anhang C) enthalten sind. Wie diese Daten zeigen, ist die Höhe der gemessenen Immissionen entscheidend von den vorgefundenen Materialien, der Bauart und dem Abbruchverfahren beeinflusst. Die hier gewonnenen Daten können für eine qualitative Abschätzung der Emissionen in Abhängigkeit des Abbruchverfahrens und des Materials herangezogen werden.

Vorgaben in Normen, auf welche die rechtlichen Regelungen verweisen, zu Immissionsmessungen vor Ort berücksichtigen derzeit diese Faktoren nicht hinreichend, sodass eine Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit der gemessenen Immissionen und für den Rückschluss von dort auf die Emissionen durch eine entsprechende Anpassung verbessert werden kann.

**Fazit:** Es gibt in Deutschland keine Datenquelle, die hinsichtlich Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen sowie von Daten zu Abbruchabfällen und Schadstoffen bei Bauwerksabbrüchen hinreichend differenziert. Existierende Datenquellen, die zuvor umrissen wurden, decken nur Teilbereiche ab, differenzieren nicht hinreichend oder legen zur Übertragung/Interpretation und zur Vergleichbarkeit benötigte Zusatzinformationen nicht offen. Diese Lücke soll in diesem Forschungsprojekt durch die Erarbeitung einer entsprechenden Datenbank zumindest teilweise geschlossen werden.

### 3.3. Hilfsmittel zur Unterstützung des Abbruchprozesses

**Checklisten:** Der Deutsche Abbruchverband e.V. stellt den in der Abbruchplanung beteiligten Akteuren (Bauherr, Planungsingenieur und Abbruchunternehmer) Checklisten, Praxistipps und Merkblätter zur Verfügung. Diese unterstützen beispielsweise bei der Abbruchvorbereitung im Allgemeinen („Checkliste für Abbrucharbeiten“) und hinsichtlich der Arbeitssicherheit im Speziellen („Checkliste zur Arbeitssicherheits-Vorbereitung“).<sup>27</sup> Hier werden einzelne Aspekte, wie etwa Schutzkleidung und bestimmte einzuholende Genehmigungen, in Stichpunkten für die involvierten Akteure aufgelistet.

**Informationsbroschüren:** Die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin stellen Planungshilfen in Form von Informationsbroschüren, insbesondere für Abbrucharbeiten, bereit, wie „Abbruch und Asbest – Information und Arbeitshilfen für Planung und Ausschreibung“ und „Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten“.<sup>28</sup>

**Softwaregestützte Werkzeuge:** In der Abbruchpraxis werden zur Planung, Steuerung und Überwachung von Abbruchprojekten derzeit vorwiegend Erfahrungswerte verwendet. Kommerzielle softwaregestützte Werkzeuge für die Planung und Kontrolle von Zeit, Kosten und Ressourcen des Abbruchprojekts, wie MS Projekt und Arriba, werden von den am Abbruch Beteiligten kaum verwendet. Im Rahmen von Neubauten werden über den gesamten Projektmanagementprozess jedoch innovative Planungsunterstützungsinstrumente, sogenannte BIM-Systeme (Building Information Modeling) wie ITWO®, die die oben genannten, kommerziellen softwaregestützten Werkzeuge um visuelle, modellbasierte Verfahren ergänzen, zunehmend eingesetzt. Emissionen und Immissionen werden jedoch in diesen softwaregestützten Werkzeugen derzeit nicht berücksichtigt. Das LUBW (2007) bietet ein Berechnungsprogramm zur überschlägigen Grobermittlung beziehungsweise einer genaueren Detailermittlung der Rückbau- und Entsorgungskosten bei Wohn- und Verwaltungsgebäuden abhängig von der Abbruchalternative, „konventioneller“, „teilselektiver“ und „selektiver Abbruch“, an.

---

<sup>27</sup> Vgl. Deutscher Abbruchverband (2012)

<sup>28</sup> Vgl. BG Bau (2011) und BauA (2010)

**Hilfsmittel zur Nachhaltigkeitsbewertung:** Hilfsmittel, die neben der ökonomischen Dimension auch die ökologische und soziale Dimension betrachten, haben ihren Fokus bislang auf der Neuplanungs- und Nutzungsphase eines Gebäudes. So gibt es beispielsweise Checklisten, Informationsbroschüren und softwaregestützte Systeme zur Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden bei der Planung eines Neubaus und in Bezug auf die Nutzungsphase (vgl. DGNB (2012), USGBC (2012), BREEAM (2012), Siemens (2012), Lebenszyklusplanung (2012), BMVBS, 2011).

**Ausbreitungsmodelle zur Prognose von Immissionen:** Vereinzelt werden zur Prognose von Immissionen durch Abbrucharbeiten **Schall-, Staub- und Erschütterungsgutachten** mit Ergebnissen aus entsprechenden Ausbreitungsmodellen erstellt (Staub und Erschütterungen eher sehr vereinzelt). Ausgangspunkt der geforderten Prognosen ist die Analyse des Durchführungsplanes einer Abbruchmaßnahme. Hierbei wird im Vorfeld geklärt, welche schall-, staub- oder erschütterungstechnisch relevanten Abbruchmaßnahmen durchgeführt werden und welche Maschinen zum Einsatz kommen. Den Maschinen werden darauf auf Basis von Herstellerangaben oder allgemeiner Maschinendaten (bspw. 2000/14/EG oder Krämer et al. (2004)) Emissionskennwerte zugeordnet. Anschließend werden mit Hilfe der Ausbreitungsmodelle entsprechende Ausbreitungsberechnungen durchgeführt und so die Immissionen ermittelt. Die Beurteilung der Immissionen erfolgt nach den einschlägigen rechtlichen bzw. technischen Regelwerken (wie etwa TA Lärm, DIN 4150 Teil 2 und 3).

**Fazit:** Keines der oben erwähnten Hilfsmittel hat den Fokus auf der Unterstützung der im Abbruchprozess involvierten Akteure bei der Minderung von Emissionen und Immissionen von Staub, Lärm, Erschütterungen. Diese Lücke soll in diesem Forschungsprojekt durch die prototypische Entwicklung eines Werkzeugs zur Unterstützung der Abbruchplanung sowie die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zumindest teilweise geschlossen werden. Für die Identifizierung und den Umgang mit Schadstoffen in Gebäuden sind einige Hilfsmittel im Zusammenhang mit dem Arbeitsschutz verfügbar.

### 3.4. Messtechnik beim Abbruch

**Lärm:** Die Erfassung und Quantifizierung von Schallimmissionen erfolgt mittels Schallpegelmessgeräten, mit denen der Schalldruckpegel bestimmt wird. Mit einem **Messmikrofon mit Kugelcharakteristik** erfolgt die Umwandlung des Schalldrucks in eine elektrische Spannung. Nach dem Vorverstärker wird eine Frequenzanalyse durchgeführt, durch die den Frequenzen Amplituden zugeordnet werden. Diese Amplituden werden dann mit einem Bewertungsfiter nach DIN EN 61672-1<sup>29</sup> verrechnet, der die Hörempfindlichkeit des Menschen wiedergeben soll. Der Standard für eine solche Filterung ist dabei die A-Bewertung, welche dann durch den Wert dB(A) mit angegeben wird. Die so gewonnenen Messwerte werden zeitlich gemittelt.

Schallpegelmessgeräte werden nach der Norm IEC 61672:2003<sup>30</sup> klassifiziert. Hier ist die Klasse 2 für Anwendungen auf Abbruchbaustellen ausreichend. Bei den im Rahmen des Projekts durchgeführten Messungen lagen dem beauftragten Unternehmen zwei Schallpegelmessgeräte mit höherer Genauigkeitsklasse (Klasse 1) vor, die daher auch verwendet wurden.

**Staub:** Für die Erfassung und Quantifizierung von Staubimmissionen kann man zwischen gravimetrischen Messungen und kontinuierlichen optischen Verfahren unterscheiden. Bei der **gravimetrischen Messung** von Staubkonzentrationen am Arbeitsplatz wird zwischen **stationären und personengetragenen** sowie **aktiven und passiven** Probeentnahmeggeräten unterschieden. Bei den aktiven gravimetrischen Messungen kann man nach einem Vorab-

---

<sup>29</sup> DIN EN 61672-1: Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 29/724/CDV:2010). Norm-Entwurf, Deutsche Fassung prEN 61672-12010-12.

<sup>30</sup> IEC 61672:2003: Electroacoustics – Sound level meters.

scheider nur die alveolengängige Fraktion des Staubes nach DIN EN 481<sup>31</sup> zu den Membranfiltern passieren lassen. Der Luftstrom wird mittels einer Pumpe erzeugt und hat je nach Probeentnahmegerät eine feste Größe im Bereich 0,12 bis 22,5 m<sup>3</sup>/h. Nachgeschaltet ist eine Analyse der Proben, bei der in der Regel auch der Quarzstaubanteil bestimmt wird. Hierzu werden röntgenografische, infrarotspektrografische sowie untergeordnet phasenkontrastmikroskopische Analysenverfahren eingesetzt.

Als Variante ohne eigene Stromversorgung und mit einem wartungsfreundlichen Aufbau stehen Grobstaubsammler als passive Probeentnahmegeräte zur Verfügung. Besonders für Langzeitmessungen des Staubniederschlags werden sogenannte Bergerhoff-Staubniederschlagsauffängergeräte verwendet, die eine stoffliche Analyse des Staubes ermöglichen. Die üblichen Messzeiten betragen einen Monat. Ein Messgerät besteht dabei aus einem Gefäß, in dem sich die Staubpartikel ablagern können. Die Messungen nach diesem Verfahren werden von der VDI 2119 charakterisiert. Als weitere Möglichkeit Staubdepositionen passive zu messen gibt es selbstklebende Folien, bei denen der Staub in der Klebstoffschicht gebunden wird. Über das Gewicht kann dann bestimmt werden, welche Masse an Staub sich auf dieser definierten Fläche angesammelt hat.

Neben den gravimetrischen Probeentnahmegeräten gibt es auch **kontinuierlich messende optische Staubmessgeräte**, die das Streulicht auswerten. Mit diesen Geräten lassen sich gleichzeitig die Fraktionen bestimmter Partikelgrößen messen. Eine Analyse der Stoffe erfolgt nicht, jedoch werden kontinuierlich und sofort Messwerte ermittelt.

Da Bergerhoff-Staubniederschlagsauffängergeräte nach VDI 2119 bei Abbrüchen das typische Messverfahren sind, wurde im Rahmen der ersten Projektphase diese Variante zur Staubmessung angewandt. Bei bauteilbezogener Messung von 15-20 Minuten konnte hier jedoch die übliche Messzeit von einem Monat nicht realisiert werden. In der geplanten zweiten Projektphase sollen daher kontinuierliche, optische Verfahren eingesetzt werden, die jedoch auch kostenintensiver sind.

**Erschütterungen:** Die Ermittlung der Messgröße Erschütterung erfolgt in der Regel nach DIN 4150 mit einem **Schwingungssensor**, der die Geschwindigkeit (in mm/s) in Abhängigkeit der Zeit angibt. Erschütterungen sind die am schwersten vorherzusagende Immissionsgröße, da der Boden das maßgebliche Element ihrer Übertragung darstellt und die Bodeneigenschaften nicht immer exakt bekannt sind. Bei weichem Baugrund ist beispielsweise ein schnelles Abklingen der Erschütterungen zu erwarten, das kann allerdings auch dazu führen, dass spezielle Frequenzen herausgefiltert oder verstärkt werden.

**Fazit:** Da die genannten Messungen sehr aufwändig und kostenintensiv sind, werden sie nur punktuell auf Abbruchbaustellen durchgeführt; in der Regel immer dann, wenn es zu Anwohnerklagen kommen kann oder wenn es für die Abbruchgenehmigung erforderlich ist.

Parallel zu den Arbeiten ausgeführte Messungen nehmen derzeit nur begrenzt Einfluss auf das Abbruchgeschehen. So kann zum Beispiel auf die Ergebnisse von Staubmessungen mit Bergerhoff-Gefäßen nur mit zeitlicher Verzögerung reagiert werden. Die Verzögerung kann aufgrund der Messdauer und der Auswertung im Labor mehr als einen Monat betragen.

Weiter gibt es auf Abbruchbaustellen ständig wechselnde Bedingungen, weswegen Messungen im Freien je nach Aufpunkt nur eingeschränkt aussagekräftig sind (TRGS 402, Anlage 5). Eine parallele Aufnahme und Berücksichtigung der Wetterdaten wäre hier ein erster Schritt um die Relevanz einzelner Messungen zu erhöhen.

Die Vielzahl der in Kapitel 3 genannten Verordnungen, Richtlinien und Gesetze, die zum Teil auch untereinander andere Definitionen und Grenzwerte angeben, machen es schwer jede Vorgabe einhalten zu können, insbesondere da nicht immer klar ist, welche Angabe gerade verbindlich gilt. Ein einheitliches Regelwerk, das alle einzuhaltenden Immissionsgrenzwerte nach Gebietscharakter und Messmethode auflistet, wäre hier ein wünschenswerter Fortschritt. In diesem Zusammenhang wären auf jeden Fall die Vorbelastungen zu berücksichti-

---

<sup>31</sup> DIN EN 481: Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung lufttragener Partikel. Deutsche Fassung EN 481:1993-09.

gen. Weiter wäre nach der Art der Tätigkeit zu unterscheiden, indem ein deutlicher Unterschied in der Bewertung kurzzeitiger Emissionen (z.B. Abbruch) und permanenter Emissionen (z.B. Stationäre Industrieanlage) gemacht wird.

#### 4. Gesamtkonzept und Mehrwert des Forschungsprojekts

Das bereits bearbeitete (1.Phase) und geplante (2. und 3. Phase) Forschungsprojekt zielt primär auf die Verminderung von Immissionen ab, die auf den Menschen und die Umwelt beim Gebäudeabbruch einwirken. Daneben werden auch Potenziale zur höherwertigen Verwertung und Wiederverwendung von Bauteilen und Abbruchabfällen sowie der Arbeits- und Gesundheitsschutz im Projekt berücksichtigt.

Darin – zumindest indirekt – inbegriffene **Mehrwerte** sind außerdem detailliertere Ausschreibungsunterlagen, ein verbesserter Kenntnisstand der Akteure in Bezug auf Emissionen und Immissionen beim Bauwerksabbruch sowie ein ausgeweiteter Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Abbruchbaustellen. Dieses **Gesamtkonzept** des Projekts ist in Abbildung 5 dargestellt.

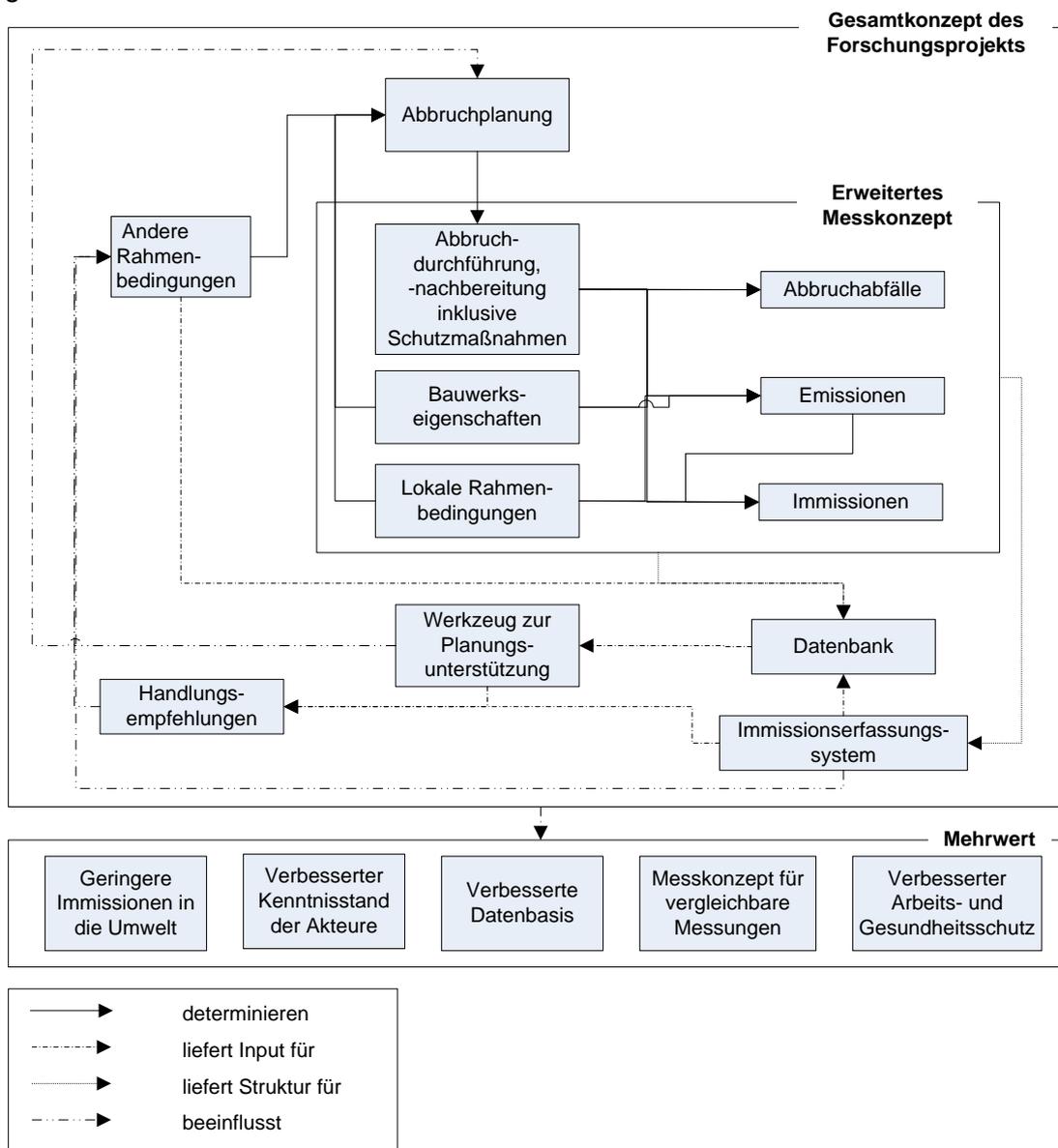


Abbildung 5: Gesamtkonzept des Forschungsprojekts

Die Abbruchplanung wird einerseits durch die Bauwerkseigenschaften und die lokalen Rahmenbedingungen, andererseits durch „andere Rahmenbedingungen“, wie rechtliche Regelungen, den Kenntnisstand der beteiligten Akteure, die jeweilige Ausschreibungspraxis sowie die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Akteure, determiniert.

Ein zentraler Punkt ist hierbei die Erarbeitung eines „**erweiterten Messkonzepts**“, gemäß dessen unter anderem die Datensätze der Datenbank gefüllt werden. Das „erweiterte Messkonzept“ umfasst neben den derzeit verwendeten Parametern bei Immissionsmessungen, im Detail lokale Rahmenbedingungen an der Abbruchbaustelle und in deren Umgebung sowie die Bauwerkseigenschaften (beispielsweise Bauteile) und Charakteristika der Abbruchdurchführung (beispielsweise Maschinenwahl) und Abbruchnachbereitung (Materialverwertung).

Der Kenntnisstand der Akteure bezüglich Ursprung und Wirkung von Emissionen soll durch ein im Projekt prototypisch zu entwickelndes **Werkzeug zur Unterstützung der Abbruchplanung** sowie daraus abgeleiteten, qualitativen Aussagen zu Emissions- und Immissionsminderungspotenzialen verbessert werden. Als Datengrundlage wird an dieses softwaregestützte Werkzeug eine **Datenbank** angebunden.

In der 2. und 3. Phase soll ein mobiles **Immissionserfassungssystem** zur Überwachung von Schall, Staub und Erschütterungen auf Abbruchbaustellen entwickelt werden. In Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug soll dieses System frühzeitig vor zu hohen Emissionen/Immissionen warnen und somit entsprechende Schutzmaßnahmen und die Einhaltung der Grenzwerte ermöglichen. Über das Forschungsprojekt hinaus ist es das Ziel, die in Zukunft mit diesem System aufgenommenen Daten in die Datenbank zu integrieren, um diese zu vervollständigen, anzupassen und stetig zu aktualisieren.

In Verbindung mit der Entwicklung des Erfassungssystems sollen **Handlungsempfehlungen** zu dessen Einsatz auf Abbruchbaustellen erstellt werden.

Weiter sollen in der 2. und 3. Projektphase an die Auswertungen der Abbruchplanung durch das Unterstützungswerkzeug hinsichtlich Emissions- und Immissionsminderungspotenzialen die Erarbeitung von **Handlungsempfehlungen** für die Integration von Emissions- und Immissionsminderungen beim Gebäudeabbruch anschließen. Durch die Handlungsempfehlungen sollen Vorschläge zur vermehrten Berücksichtigung von Emissionen und Immissionen sowie relevanter Schutzmaßnahmen in der Abbruchplanung unterbreitet werden.

Das geplante **Werkzeug zur Planungsunterstützung** wird in **Kapitel 5.1** hinsichtlich Eingabe- und Ausgabegrößen näher erläutert. Entsprechend der Nutzereingaben, die in ihrem Detaillierungsgrad variieren können, werden aus der Datenbank Informationen herausgesucht, aufbereitet und ausgegeben. Die das Abbruchobjekt charakterisierenden Eingaben des Nutzers können sich beispielsweise auf den Gebäudetyp beschränken oder differenziertere Informationen über die Bauwerkseigenschaften beinhalten. Die Zuordnung der in der Datenbank hinterlegten Informationen zu dem, durch Nutzereingabe beschriebenen Abbruchobjekt erfolgt in Abhängigkeit der Nutzereingabe. Beispielsweise sind Zuordnungen anhand des Gebäudetyps oder auch anhand der Rahmenbedingungen auf der Abbruchbaustelle denkbar. Ziel ist hierbei die Auswahl möglichst „ähnlicher“ Datensätze.

Als Ausgabe erhält der Nutzer die Abschätzung der potentiellen Emissionen durch das Abbruchobjekt auf Basis der in die Datenbank integrierten Informationen, die auf Literaturrecherche, Expertenwissen und erhobenen Emissions- und Immissionswerten unter Beachtung der Elemente des „erweiterten Messkonzepts“ gestützt sind. Dabei werden auch Schadstoffe, Abbruchabfälle und Regelungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes berücksichtigt.

**Datenstruktur und Datenbank** werden in **Kapitel 5.2** erläutert. Die entwickelte Struktur der Datenbank wird beschrieben, die sich an der Struktur des „erweiterten Messkonzepts“ orientiert. Darauf wird auf das Füllen der Datenbank mit Werten aus vorhandenen Datenbanken, der Literatur und rechtlichen Regelungen eingegangen. Weiter wird vereinzelt auf entsprechende Einschätzungen durch Experten beim Füllen der Datenbank zurückgegriffen. In der Datenbank werden die beim Bauwerksabbruch entstehenden Emissionen und Immissionen (Lärm, Staub, Erschütterungen) sowie die direkt determinierenden Aspekte Abbruchdurchführung, Bauwerkseigenschaften und die lokalen Rahmenbedingungen abgebildet.

In Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug können durch den Abruf von Informationen über Abbruchverfahren, -maschinen mit entsprechenden Anbaugeräten, Bauwerkseigenschaften und Rahmenbedingungen der qualitative Aussagen zu möglichen Emissions- und Immissionsminderungen durch den Einfluss der Abbruchplanung erfolgen.

Das „**erweiterte Messkonzept**“ wird in **Kapitel 5.3.1** erläutert. Das 1. Messkonzept, welches in Phase 1 für Messungen an zwei Messtagen auf Abbruchbaustellen in Köln verwendet wurde, berücksichtigt nur einen Teil der Unterkategorien des „erweiterten Messkonzepts“. Die Interpretierbarkeit, Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit der Daten ist daher sehr begrenzt. Daher wurde für weitere Messungen in Phase 2 und 3 unter Berücksichtigung weiterer Unterkategorien des „erweiterten Messkonzepts“ eine Erweiterung und Verfeinerung des 1. Messkonzepts vorgenommen (2. Messkonzept). Unter die Erweiterung fällt auch eine mögliche visuelle Begutachtung der Abbruchabfälle. Für die 2. und 3. Projektphase sind die detaillierte Ausarbeitung dieses 2. Messkonzepts sowie dessen praxisnahe Umsetzung geplant.

Der Ansatz und die Grundsätze für ein mobiles **Immissionserfassungssystem**, das die relevanten Größen wie Schall, Staub und Erschütterungen auf Abbruchbaustellen aufnimmt, werden in **Kapitel 5.4.** kurz beschrieben. Das Messsystem soll in Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug frühzeitig vor hohen Emissionen/Immissionen warnen und somit entsprechende Schutzmaßnahmen ermöglichen.

**Handlungsempfehlungen** für die beteiligten Akteure sollen in Phase 2 und 3 erarbeitet werden. Ziel ist hierbei ebenfalls eine Emissions- und Immissionsminderung sowohl durch technische als auch organisatorische Vorschläge.

All dies sind Teilergebnisse des Forschungsprojekts, die zusammen das Gesamtkonzept ergeben, aus dem sich wiederum die oben beschriebenen Mehrwerte, detailliertere Ausschreibungsunterlagen, ein verbesserter Kenntnisstand der Akteure in Bezug auf Emissionen und Immissionen beim Bauwerksabbruch und ein ausgeweiteter Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Abbruchbaustellen ergeben.

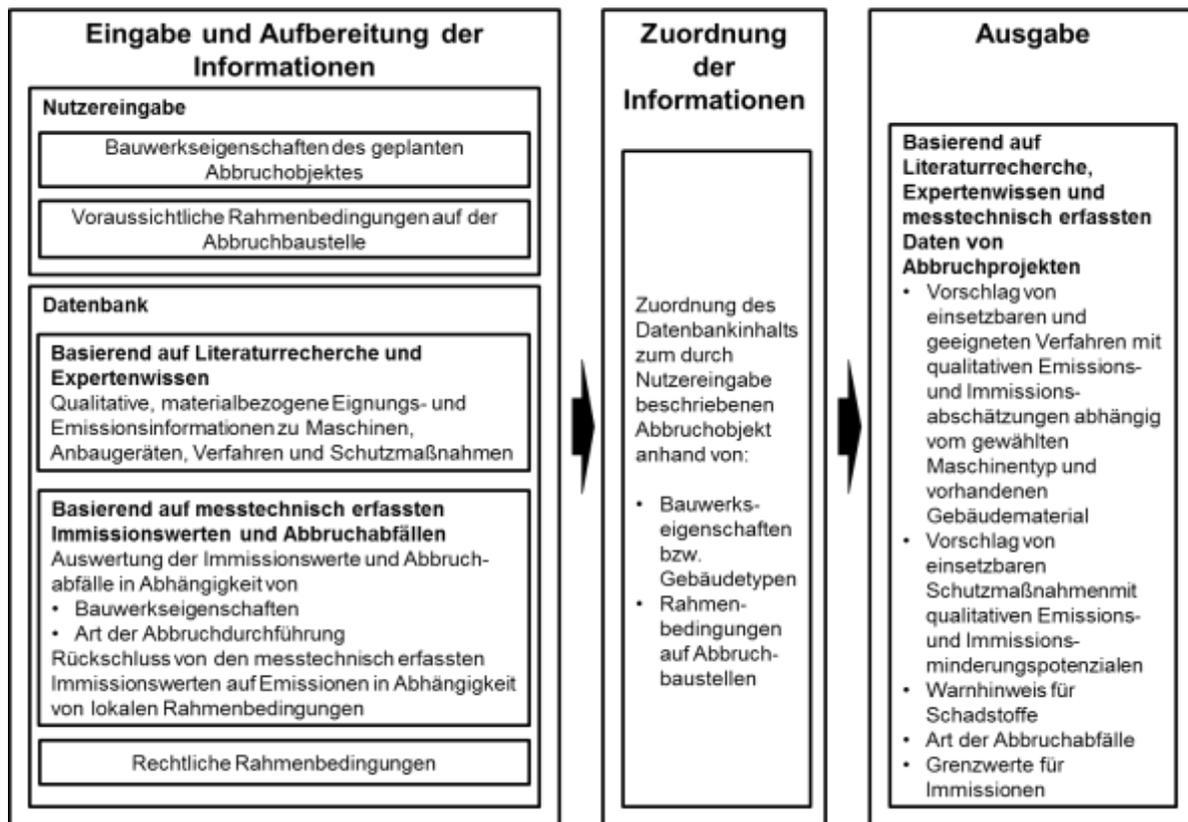
## **5. Werkzeuge für die Erfassung und Kontrolle von Emissionen und Immissionen beim Abbruch**

Die Wahl des Verfahrens und der Geräte, als Bestandteil der Abbruchplanung und Durchführung, und entsprechende Maßnahmen in diesem Bereich haben eine große Wirkung auf die entstehenden Emissionen. Hohen Emissionswerten, resultierend aus der Verfahrens- und Maschinenwahl, kann entgegengewirkt werden, sodass diese bei fachkundiger Planung und Ausführung nur geringe Immissionen auf die Umgebung zur Folge haben können (vgl. Haltenorth et al. (2007)). Die Planer und ausführenden Unternehmen sollen mit Hilfe eines Werkzeuges, wie es in **Kapitel 5.1** näher beschrieben wird, in der Wahl der Verfahren und Schutzmaßnahmen unterstützt werden. Um eine emissionsmindernde, optimale Wahl der Verfahren und Schutzmaßnahmen zu treffen, ist die Erfassung und Strukturierung der für ein Bauteil geeigneten Maschinen und Anbaugeräte und der damit verbundenen Emissionen auf Basis grundsätzlich nötig. Im Rahmen dieses Projekts erfolgt die Erfassung und Strukturierung durch eine Datenbank, deren Struktur und Inhalt in **Kapitel 5.2** beschrieben wird und die in der 2. und 3. Phase noch ergänzt werden soll. Neben Literaturrecherche und Experteneinschätzungen als Informationsgrundlage, sollen auch Ergebnisse aus Immissionsmessungen auf realen Abbruchbaustellen in die Datenbasis integriert werden. Das Vorgehen zur Erhebung und Auswertung dieser Messwerte wird in **Kapitel 5.3** dargelegt. Die Grundsätze für ein Immissionsmesssystem speziell für Abbruchbaustellen, das in Phase 2 und 3 umgesetzt werden soll und in Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug frühzeitig vor zu hohen Emissionen/Immissionen warnen soll, wird in **Kapitel 5.4** kurz erläutert.

### **5.1. Grundsätzliche Struktur des Unterstützungswerkzeugs für die Abbruchplanung**

Mit dem Ziel der Minderung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen beim Bauwerksabbruch war in der 1. Projektphase die Erarbeitung eines Konzeptes für ein Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung vorgesehen. Dessen grundsätzliche Struktur (Abbildung 6) wird im Folgenden näher erläutert.

Eine Ergänzung des Konzepts und dessen prototypische, softwaretechnische Umsetzung sind in der geplanten 2. und 3. Projektphase angedacht. Dieses Unterstützungswerkzeug soll insbesondere die Nutzbarmachung der erarbeiteten Datenbank ermöglichen, die in Kapitel 5.2 dargestellt wird.



**Abbildung 6: Das 1. Konzept für das Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung**

Die Struktur des Unterstützungswerkzeugs wie auch der Datenbank orientiert sich in den Grundzügen an dem in Abbildung 5 skizzierten „erweiterten Messkonzept“.

Die Nutzereingaben können in ihrem Detaillierungsgrad variieren. Die Eingabe der Bauwerkseigenschaften kann sich beispielsweise auf den Gebäudetyp beschränken. Der Nutzer kann diese Informationen über die Bauwerkseigenschaften aber auch differenziert stockwerksweise anpassen.

Nach den Nutzereingaben werden die in der Datenbank hinterlegten Informationen herausgesucht, angepasst und ausgegeben. Die Daten der Datenbank stützen sich wie unter 5.2 näher erläutert auf Literaturrecherche, Expertenwissen und auf einzelne, auf Abbruchbaustellen erhobene Emissions- und Immissionswerte (Kapitel 5.3). Die Zuordnung der aufbereiteten Datenbankinformationen zu dem durch Nutzereingabe beschriebenen Abbruchobjekt erfolgt in Abhängigkeit der Nutzereingabe beispielsweise anhand des Gebäudetyps und auch anhand der Rahmenbedingungen auf der Abbruchbaustelle.

Als Ausgabe soll der Nutzer zunächst in Anlehnung an das Material der Tragstruktur des abzubrechenden Gebäudes einen Vorschlag von generell einsetzbaren und geeigneten Abbruchverfahren erhalten. Aus den vorgeschlagenen Verfahren, die entsprechend Ihrer Eignung sortiert werden, kann der Nutzer ein Verfahren für jedes Stockwerk und Element des Gebäuderohbaus (Außen-, Innenwand und Decke) individuell bzw. für das gesamte Abbruchobjekt auswählen. In Abhängigkeit von dem gewählten Verfahren, dem angegebenen Maschinentyp (Kategorisieren nach Tonnen Eigengewicht oder kW) und den vorliegenden Gebäudeeigenschaften werden die möglichen Emissionen je Stockwerk bzw. für das gesamte Abbruchobjekt qualitativ abgeschätzt. Die Möglichkeit der Abschätzung der aus den Emissionen resultierenden Immissionen an einem bestimmten Immissionsort in Abhängigkeit von den lokalen Rahmenbedingungen sowie eine entsprechende Einschätzung hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes wird in der 2. und 3. Projektphase untersucht, wenn möglich in das Unterstützungswerkzeug integriert und mit gesetzlich vorgeschriebenen Immissionsgrenzwerten verglichen. Auch eine qualitative Abschätzung von Emissions- oder Immissionsminderungspotenzialen (zum Beispiel durch technische Schutzmaßnahmen) ist in der 2. und 3. Phase geplant.

Weiterhin soll in Abhängigkeit vom Gebäudetyp und der Baualtersklasse auf mögliche Schadstoffe hingewiesen und die Menge der Abbruchabfälle materialbezogen abgeschätzt werden. Die Abschätzung der Abbruchabfälle soll mit diesbezüglich vorhandenen Kennzahlen (vgl. Lippok und Korth (2007), Mettke, A. (Hrsg.) (2008)) abgeglichen werden.

Der Grundaufbau des vorliegenden Konzepts des Unterstützungswerkzeugs für die Abbruchplanung wurde in der 1. Phase ansatzweise in VBA umgesetzt (Anhang H). Im Rahmen der 2. und 3. Projektphase soll das Konzept prototypisch umfassend umgesetzt werden.

## 5.2. Datenstruktur und Datenbank

### 5.2.1. Grundsätzliche Datenstruktur

Die Strukturierung der Daten innerhalb des Projekts richtet sich wie die Struktur des Unterstützungswerkzeugs (Abbildung 6) an dem in Abbildung 5 skizzierten „erweiterten Messkonzept“. Im Rahmen des Projekts konnte eine material- und bauteilbezogene Datenstruktur erarbeitet werden, die eine Basis für die Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit und Interpretierbarkeit von Emissions- und Immissionsdaten darstellt. Tabelle 1 zeigt die erarbeitete Datenstruktur im Detail mit den berücksichtigten Unterkategorien der Abbruchdurchführung, der Bauwerkseigenschaften, der lokalen Rahmenbedingungen sowie der Emissionen und Immissionen. Der Einfluss der Abbruchplanung wird darin indirekt berücksichtigt durch den späteren Einsatz des Unterstützungswerkzeugs. Die als Datenlücke gekennzeichneten Werte sollen zunächst auf Basis von Literatur-, Herstellerdaten und Expertenwissen über das Unterstützungswerkzeug berechnet werden und sollen zum Teil durch die Auswertung der im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Messungen verifiziert werden.

**Tabelle 1: Datenstruktur der Datenbank**

Literaturdaten	
<b>Bauwerkseigenschaften</b> (zusammengefasst in Gebäudetypologie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteilmaterial (Art und Dichte)</li> <li>- Bauteilmasse</li> <li>- Bauteilausrichtung</li> <li>- Baualter/Schadstoffvorkommen: Asbest, KMF,PCP, Lindan, DDT, PCB, PAK</li> <li>- Gebäudehöhe, Geschosshöhe</li> </ul>
<b>Abbruchdurchführung<sup>32</sup>:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platzbedarf</li> <li>- Wasserbedarf</li> <li>- Maschinenwahl (abhängig vom vorhandenen Maschinenpark und Platzbedarf)</li> <li>- Verfahrenswahl (abhängig von der Eignung für das vorhandene Bauwerksmaterial, Platzverhältnissen und Umfeldeigenschaften)</li> <li>- Anbaugerätewahl (abhängig vom Verfahren und der Trägermaschine)</li> <li>- Schutzmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>o Art: Fokus auf technischen Schutzmaßnahmen</li> <li>o Wirkung: zum Teil anbaugerätbezogen,</li> </ul> </li> </ul>

<sup>32</sup> Da Emissionen und Immissionen beim Gebäudeabbruch, die aus der Abbruchplanung resultieren, nur schwer quantifizierbar sind, wird die Abbruchplanung in der Datenstruktur nicht explizit berücksichtigt. Die Abbruchplanung fließt jedoch im Rahmen des Gesamtkonzepts indirekt in die Untersuchung ein. Durch die Umsetzung des Planungsunterstützungswerkzeugs erfolgt in der 2. und 3. Phase eine vertiefte Untersuchung des Einflusses der Abbruchplanung auf Emissionen und Immissionen beim Gebäudeabbruch.

	<p>quantitativ Lärm und qualitativ Lärm und Staub</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Maschinenbezogene Emissionen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Art: insbesondere Lärm</li> <li>o Position der Emissionsquelle: an der Abbruchmaschine</li> </ul> </li> <li>- (Dauern, Abbruchfolge)</li> </ul>
<b>Datenlücke</b>	
<b>Annahmen, Berechnungen</b>	
<b>Abbruchdurchführung:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutzmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>o Art: Fokus auf technischen Schutzmaßnahmen</li> <li>o Wirkung: Lärm, Staub, Erschütterungen, qualitativ (Generierung einer einheitlichen Auswertungsbasis)</li> <li>o Position der Minderungswirkung: an der Emissionsquelle, auf dem Ausbreitungsweg</li> <li>o Einsetzeignung abhängig von Maschinen, Baustellen- und Gebäudeeigenschaften</li> </ul> </li> <li>- <b>Verfahren-Maschinen-Material-Kombinationsbezogene Emissionen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Art: Lärm, Staub und Erschütterungen, qualitativ (Generierung einer einheitlichen Auswertungsbasis)</li> <li>o Position der Emissionsquelle: am Anbaugerät und am Abbruchmaterial</li> </ul> </li> <li>- Dauern, Abbruchabfolge</li> <li>- Materialtrennung, Sortenreinheit, Größe der Abbruchelemente: Bauteile zur Wiederverwendung und Abbruchabfälle</li> </ul>
<b>Messungen</b>	
<b>Messverfahren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messgeräte (Typ, Anzahl)</li> <li>- Position der Immissionsmessung: baustellenbezogene Restriktionen, so nah wie möglich an der Emissionsquelle</li> </ul>
<b>Bauwerkseigenschaften</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteilmaterial</li> <li>- Bauteilmasse</li> <li>- Bauteilausrichtung</li> <li>- Baualter</li> <li>- Gebäudehöhe, Geschosshöhe</li> </ul>
<b>Abbruchdurchführung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platzbedarf</li> <li>- Wasserbedarf</li> <li>- Maschinenwahl (abhängig vom vorhandenen Maschinenpark und Platzbedarf)</li> <li>- Verfahrenswahl (abhängig von der Eignung für das vorhandene Bauwerksmaterial, Platzverhältnissen und Umfeldeigenschaften)</li> <li>- Anbaugerätewahl (abhängig vom Verfahren und der Trägermaschine)</li> <li>- Schutzmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>o Art: Fokus auf technischen Schutzmaßnahmen</li> <li>o Wirkung: Lärm, Staub</li> <li>o Qualitative Wirkungsabschätzung</li> </ul> </li> <li>- <b>Verfahren-Maschinen-Material-Kombinationsbezogene Immissionen:</b></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Art: Lärm, Staub und Erschütterungen, quantitativ</li> <li>○ Position der Immissionsmessung: baustellenbezogene Restriktionen, so nah wie möglich an der Emissionsquelle</li> <li>○ Position der Emissionsquelle: am Anbaugerät und an der Abbruchmaschine</li> <li>- Dauern, Abbruchfolge</li> <li>- Materialtrennung/Sortenreinheit</li> </ul>
<b>Lokale Rahmenbedingungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meteorologische Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -stärke)</li> <li>- Nachbarbebauung (Abstand bezüglich Schallausbreitung)</li> <li>- Gebietscharakter (Nutzungsart von Nachbarbauwerken)</li> <li>- Zugänglichkeit</li> <li>- Referenzmessung der Vorbelastung (Immissionen ohne Abbruch)</li> </ul>

Da Literaturdaten und Expertenwissen nicht gemäß dieser in Tabelle 1 dargestellten Differenzierung verfügbar sind, werden in die Datenbank auch aggregierte Informationen integriert. Die in Tabelle 1 aufgeführten Merkmale werden zu diesem Zwecke zu Klassen zusammengeführt (beispielsweise zu Gebäudetypen statt detaillierter Bauwerkseigenschaften) oder teilweise nicht berücksichtigt (beispielsweise meteorologische Bedingungen). Diese Klassifizierung ermöglicht einen Abruf bereits dokumentierter Daten von Abbrüchen mit gleichen oder ähnlichen Bauwerkseigenschaften und/oder lokalen Rahmenbedingungen. Somit können auch aggregierte Informationen, wie bei einem Gebäudetyp einsetzbare Verfahren und Schutzmaßnahmen ausgegeben werden.

Auch qualitative Aussagen zu möglichen Lärm-, Staub-, und Erschütterungsemissionen und zu Emissions- und Immissionsminderungspotenzialen in Abhängigkeit der Maschinenwahl und der vorliegenden Baumaterialien sind möglich. Ebenso werden die Auswirkungen von Schutzmaßnahmen qualitativ in der Datenbank erfasst und sind in gleicher Weise abrufbar.

Um die Aussagekraft der Datenbank zu erhöhen, ist es nötig, dass die Ergebnisse von Messungen auf Abbruchbaustellen, wie sie im Rahmen der 1. Phase an 2 Messtagen erfolgt sind, sowie die Erfahrungen von Abbruchunternehmen, Planungsingenieuren und anderen Experten für Abbruchaktivitäten in das System einfließen.

In der geplanten 2. und 3. Projektphase sollen Möglichkeiten zur praxisnahen Nutzung der Datenbank erarbeitet werden.

### 5.2.2. Integration von Daten

Die Reihenfolge in diesem Kapitel zur Integration der Daten lehnt sich an die in der Tabelle 1 dargestellten Datenstruktur an.

#### **Bauwerkseigenschaften**

**Gebäudetypologie:** Bestimmte Bauwerkseigenschaften, wie etwa die verbauten Materialien und die Konstruktionsart, haben Einfluss auf die Vorgehensweise und den Maschineneinsatz beim Abbruch.<sup>33</sup> Bei der vorhandenen großen Anzahl unterschiedlicher Konstruktionsarten und Materialien ist es sinnvoll, die Gebäude nach bestimmten Merkmalen der Bauwerkseigenschaften zusammenzufassen. Daher wurde im Rahmen der 1. Projektphase eine Gebäudetypologie zur Analyse des Bauwerksbestandes in Deutschland hinsichtlich abbruchrelevanter Bauwerkseigenschaften erstellt. Untersucht wurden dazu insbesondere die beiden

<sup>33</sup> Diese Bauwerksinformationen kann man durch die Sichtung von vorliegenden Bauunterlagen, Ortsbegehungen und Probenahmen von Baustoffen bei Schadstoffverdacht erhalten (vgl. DAfStb (1999)).

aggregierten Bauwerkseigenschaften „vorherrschende Baumaterialien“ und „Konstruktionsweise/Tragstruktur“.

Zur Erstellung der Gebäudetypologie wurden zunächst diverse, in der Literatur typischerweise differenzierte Bau-/Konstruktionstypen betrachtet. Die Typologien von IWU (2003), IWU (2006), Klauß et al. (2009), Stadt Dortmund (2005), Stadt Essen (2007) und Stadt Heidelberg (1996) sind dabei - aufgrund ihres Fokus auf Reduktion der Nutzenergie und Wärmedämmmaßnahmen - weniger interessant als die Gebäudetypologien von Grünthal (1998) und HAZUS (2003), die zur Bewertung von Schadensereignissen an Gebäuden herangezogen werden können.

**Tabelle 2: Grobstruktur der Gebäudetypologie für den Abbruch**

	<b>Konstruktionsart/ Gebäudetypen</b>	<b>Vertikale Tragstruktur</b>		<b>Horizontale Tragstruktur</b>	
		<b>Bauteil</b>	<b>Materialtyp des Bauteils</b>	<b>Bauteil</b>	<b>Materialtyp des Bauteils</b>
A	Stahl-Skelettbau	Stütze	Stahl	Träger	Stahl, Stahlbeton
B	Mauerwerk- Stahlbetondecke	Wand	Mauerwerk	Platte	Stahlbeton
C	Mauerwerk- Holzträgerdecke	Wand	Mauerwerk	Träger	Holz
D	Holz-Fachwerk	Stütze	Holz	Träger	Holz
E	Stahlbeton-Montagebau	Wand	Stahlbeton- Fertigteil	Platte	Stahlbeton- Fertigteil
F	Stahlbeton-Skelettbau	Stütze	Stahlbeton	Träger	Stahlbeton
G	Kellergeschoss-Beton- Massivbau	Wand	Unbewehrter Beton	Bodenplatte	Stahlbeton

Basierend auf dieser Recherche wurden im Rahmen der 1. Projektphase eine Gebäudetypologie erstellt (vgl. Tabelle 2), bei der sich die Gebäudetypen in Konstruktionsart und verwendetem Material unterscheiden.

Die Untersuchung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen sowie von entstehenden Abbruchabfällen bei Abbrucharbeiten kann in Anlehnung an diese Einteilung der Gebäude nach vorwiegenden Materialtypen der Tragstruktur strukturiert werden. Die Gebäudetypologie erleichtert zudem die Ableitung des Einflusses bestimmter Faktoren auf die Emissionen, Immissionen und auf das Abfallaufkommen und die Handhabung der Datenbank. Somit können in Phase 2 und 3 Ableitungen von Handlungsempfehlungen und Empfehlungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz je Gebäudetyp erfolgen.

**Material:** Das vorliegende Material der Bauteile ist neben den Platzverhältnissen auf der Baustelle, der Trägermaschine und der Abbruchhöhe ausschlaggebend für die Wahl eines Abbruchverfahrens sowie für die Emissionen, die damit verbunden sind. Entsprechend den in Tabelle 2 dargestellten Gebäudetypen wird bei den Datensätzen des Unterstützungswerkzeugs zwischen

- Holz,
- Mauerwerk,
- Stahl,
- Stahlbeton,
- Stahlbeton-Fertigteil und
- unbewehrtem Beton

unterschieden.

Mauerwerk, ein in Deutschland weit verbreitetes Material der vertikalen Tragstruktur, wird im Rahmen der Datenbank weiter in

- Betonstein
- Kalksandstein
- Naturstein
- Porenbeton
- Ziegel

untergliedert, da es hier insbesondere hinsichtlich der Staubemissionen und –immissionen größere Unterschiede gibt.

**Schadstoffe:** Man kann zwischen „baustoff- und nutzerbedingten Gebäudeschadstoffen“ unterscheiden (Lippok und Korth (2007)). Für eine grobe Abschätzung möglicherweise vorhandener baustoffbedingter Schadstoffe in Bauteilen ist das Baujahr des Abbruchobjekts bzw. das Jahr der letzten Sanierung von Bedeutung. Wie in Tabelle 3 dargestellt, wird sich im Rahmen des Projekts auf eine Auswahl der beim Abbruch relevanten material-/bauteil- und baualterabhängigen Schadstoffe beschränkt: Asbest, Holzschutzmittel (DDT, Lindan, PCP), KMF, PAK, PCB (Lippok und Korth (2007); BayLfU (2003); Zwiener (1997); GvSs (2010)). Schadstoffe, die durch die Nutzungsphase bedingt sind, lassen sich je nach Qualität der Gebäudedokumentation nicht immer rekonstruieren und werden daher nur am Rande betrachtet.

**Tabelle 3: Zuordnung relevanter (möglicher) Schadstoffbelastungen zu entsprechenden Bauteilen/ Materialien und Baujahren.<sup>34</sup>**

Schadstoff	Vorkommen	Zuordnung zu		Baujahr/Verwendungszeitraum	
		Bauteil	Material	Anfang	Ende
<b>Asbest</b>	Asbestzement in Außenwandbekleidung	Wand	Mauerwerk, Holz, unbewehrter Beton, Stahlbeton-Fertigteil	1959	1992
	Fußbodenbelag	Decke	Stahlbeton, Stahlbeton-Fertigteil, Holz	1959	1980
	Asbestzement in Dach-eindeckung	Dach	Holz	1959	1992
<b>Chemischer Holzschutz Lindan</b>	Wandverkleidung	Wand	Holz	1949	Bis jetzt
	Deckenverkleidung	Decke	Holz	1949	Bis jetzt
	Dachstuhl	Dach	Holz	1949	Bis jetzt
<b>Chemischer Holzschutz DDT</b>	Wandverkleidung	Wand	Holz	1949	1990
	Deckenverkleidung	Decke	Holz	1949	1990
	Dachstuhl	Dach	Holz	1949	1990
<b>Chemischer Holzschutz PCP</b>	Wandverkleidung	Wand	Holz	1949	1989
	Deckenverkleidung	Decke	Holz	1949	1990
	Dachstuhl	Dach	Holz	1949	1990
<b>Krebserregende künstliche Mineralfaser (KMF)</b>	Wanddämmung, nichttragende Zwischenwand	Wand	Mauerwerk, Holz, unbewehrter	1959	2000

<sup>34</sup> Vgl. Rentz et al., 2001; Zwiener, 1997; Bauherren-Schutzbund e.V., 2010; Rötzel, 2009..

			Beton, Stahlbeton- Fertigteil		
	abgehängte De- cke	Decke	Stahlbeton, Stahlbeton- Fertigteil, Holz	1959	2000
	Dachdämmung	Dach	Holz	1959	2000
<b>PAK</b>	Parkettkleber	Decke	Stahlbeton, Stahlbeton- Fertigteil, Holz	1949	1968
	Abdichtung	Wand	Mauerwerk	1949	1968
<b>PCB</b>	Dichtungsmasse	Wand	Mauerwerk	1959	1989

In Phase 2 und 3 sollen mit dem Werkzeug zur Planungsunterstützung durch die Zuordnung der Abbruchobjekte zu Gebäudetyp bzw. zum Bauteil und Baustoff sowie Baualter Warnhinweise und Handlungsempfehlungen bereitgestellt werden, die beispielsweise auf die Notwendigkeit der Erstellung eines Schadstoffkatasters hinweisen können.

### **Abbruchdurchführung**

**Maschine:** Die Größe der Trägerbaumaschine bestimmt die Abbruchmasse. Die Größe der Maschine (in Tonnen) und der Maschinentyp sind vom Nutzer in Abhängigkeit von den Platzverhältnissen, der Bauwerkshöhe und dem vorhandenen Fahrzeugpool des ausführenden Unternehmens anzugeben.

**Verfahren:** Wie bereits erwähnt hat die Wahl des Verfahrens als Bestandteil der Abbruchplanung und -durchführung eine große Wirkung auf die Emissionen. Im Rahmen des Projektes wurde in Anlehnung an die DIN 18007:2009-03 folgende 20 verbreitete Abbruchverfahren gewählt und wie im Anhang G zu sehen klassifiziert:

1. Abgreifen
2. Einschlagen
3. Eindrücken
4. Einziehen
5. Reißen
6. Stemmen
7. Pressschneiden
8. Scherschneiden
9. Spalten
10. Demontieren
11. Lockerungssprengung
12. Niederlegungssprengung
13. Kernbohren
14. Vollbohren
15. Sägen/Scheibe
16. Kette/Seil
17. Brennschneiden
18. Hochdruckwasserstrahl-Schneiden
19. Fräsen
20. Schleifen

Ebenfalls in Anlehnung an die DIN 18007:2009-03 und an Lippok und Korth (2007) wird die Einsatzeignung des Verfahrens in Abhängigkeit des Materials qualitativ bewertet (Anhang G).

**Anbaugerät:** Die Anbaugeräte werden zum einen abhängig von dem Verfahren, das eingesetzt werden soll, gewählt. Zum anderen wird die Wahl des Anbaugeräts durch die auf der Abbruchbaustelle vorhandene Trägermaschine/n bestimmt. Denn es hängt von der Größe der Maschine und von der Verbindungsvorrichtung am Maschinenausleger ab, welche Anbaugeräte verwendet werden können. .

**Schutzmaßnahmen:** Bei der Gefahrenabschätzung im Arbeits- und Gesundheitsschutz besteht eine Rangfolge von Schutzmaßnahmen und es wird zwischen technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen unterschieden. Oberste Priorität haben technische Maßnahmen (Lippok und Korth (2007)). Weiter kann man unterscheiden zwischen Maßnahmen an der Emissionsquelle, auf dem Ausbreitungsweg und am Immissionsort (Halténorth et al. (2007)).

Folglich liegt der Fokus dieses Projekts auf technischen Maßnahmen, die am Emittenten und auf dem Ausbreitungsweg, die im Rahmen der Minderung von Emissionen in und Immissionen auf die lokale Umwelt durch Abbrucharbeiten eingesetzt werden können. Bei technischen Maßnahmen kann zwischen bestimmten Abbruchverfahren und –maschinen und nachträglichen technischen Maßnahmen differenziert werden (Lippok und Korth (2007)). Die Wahl von bestimmten Abbruchverfahren und –maschinen in Abhängigkeit der Materialeinsatzzeichnung und Baustellengegebenheiten wurde im vorherigen Abschnitt thematisiert. Nachträgliche, technische Schutzmaßnahmen, die bei Abbrucharbeiten eingesetzt werden, lassen sich in die 2 Hauptgruppen

- Maschinenintegrierte Schutzmaßnahmen
- Maschinenunabhängige Schutzmaßnahmen

untergliedern.

Maschinenintegrierte Schutzmaßnahmen werden an der Emissionsquelle eingesetzt. Maschinenunabhängige Schutzmaßnahmen können im direkten Umfeld der Emissionsquelle<sup>35</sup> oder auf dem Ausbreitungsweg eingesetzt werden (vgl. Halténorth et al. (2007)).

Die Minderungswirkung von organisatorischen Maßnahmen ist qualitativ und quantitativ schwer zu bewerten, da einer organisatorischen Maßnahme meist keine direkte Wirkung zugeordnet werden kann und die Wirkung stärker als bei technischen Maßnahmen von den individuellen Gegebenheiten vor Ort und der Qualifikation der Beschäftigten abhängt.

Persönliche Schutzmaßnahmen mindern insbesondere die Gefahr bzw. Immission an einem bestimmten Ort/für eine bestimmte Person, d.h. es sind Maßnahmen am Immissionsort. Der Schwerpunkt dieses Projekts liegt jedoch auf der Minderung von Immissionen auf das gesamte lokale Umfeld und auf der soweit möglichen Bekämpfung von Immissionsursachen am Entstehungsort durch die Reduktion von Emissionen durch das Abbruchmanagement. Der Immissionsschutz am Immissionsort ist bezogen auf das gesamte lokale Umfeld nicht leistbar.

In Phase 2 und 3 sind qualitative Bewertungen der Einsatzzeichnung von technischen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von den Platzverhältnissen auf der Baustelle, der Bauwerkshöhe und dem Abbruchgerät (bei maschinenintegrierten Schutzmaßnahmen) sowie die Bewertung des Emissionsminderungspotentials unter anderem auf Basis von den in Phase 1 gesammelten Quellen, Lippok und Korth (2007), Halténorth et al. (2007), TRGS 559, AVV (1970) und Kummer (1998), sowie auf Basis von Experteneinschätzungen vorgesehen. Eine entsprechende Einarbeitung dieser Einschätzungen in das Unterstützungswerkzeug ist geplant.

---

<sup>35</sup> Im Folgenden fallen Schutzmaßnahmen, die in der Regel im direkten Umfeld der Emissionsquelle eingesetzt werden, d.h. in einem Radius von 1,5 Metern um die Emissionsquelle herum, unter Schutzmaßnahmen an der Emissionsquelle.

**Emissionen:** DIN 18007:2009-03, Lippok und Korth (2007) und die TRGS 559 enthalten grobe Einordnungen zu verfahrensbezogenen Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen. Basierend auf diesen Einordnungen, ergänzt um Messdaten aus einem abgeschlossenen Forschungsprojekt (vgl. Mettke, A. (Hrsg.) (2008))<sup>36</sup>, Experteneinschätzungen und den Erkenntnissen aus den Immissionsmessungen auf Abbruchbaustellen im Rahmen dieses Projekts, erfolgen qualitative Bewertungen der Verfahrenseignung und verfahrens- und materialbezogene Emissionen. Für die Datenrecherche wurden im Rahmen dieses Forschungsprojektes zwei Abschlussarbeiten zur Bewertung von Verfahren die beim Abbruch verwendet werden. Die qualitative Bewertungen der Verfahren in den Abschlussarbeiten fand durch Expertengespräche statt und sie stellen zusammen mit der Interpretation der DIN 18007:2009-03 und den Beschreibungen aus Lippok und Korth (2007) derzeit die Grundlage für die qualitative Bewertung der Verfahren-Material-Kombinationen als Element der Datenbank dar (Anhang G). Diese verschiedenen qualitativen Bewertungen sollen in der 2. und 3. Phase zusammengeführt, weiter analysiert und angepasst werden.

Abhängig von der Maschinengröße, d.h. den maschinenbezogenen Lärmemissionen und den abbruchmasseabhängigen Staub- und Erschütterungsemissionen, werden die qualitativen Bewertungen der verfahrens- und materialbezogenen Emissionen angepasst. Die Analyse der maschinengrößenabhängigen Emissionsentwicklung auf Basis von Maschinenherstellereinformationen, Richtlinie 2000/14/EG, der Datenbank KarLA, anderen Veröffentlichungen und öffentlichen Gutachten (wie Kummer (1998) und Dröscher (2012)) und Expertenwissen sowie eine entsprechende Einarbeitung in das Unterstützungswerkzeug sind in Phase 2 und 3 geplant.

**Fazit:** Die genannten Datenquellen zu Emissionen und Immissionen von Abbruchaktivitäten und zu Minderungspotentialen von entsprechenden technischen Schutzmaßnahmen sind nicht detailliert genug nach Abbruchmaschinen und -verfahren, Bauteilen und Bauteilmaterialien aufgeschlüsselt. Daher werden die auf dieser Basis ermittelten qualitativen Abschätzungen zu Emissionen, Immissionen und Emissions- und Immissionsminderungspotentialen durch Messungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes (Phase 1 und 2) geprüft und unterfüttert. Auf die in Phase 1 durchzuführenden bauteil-, material- und gebäudespezifischen Messungen auf Abbruchbaustellen der Gebäudetypen B (Mauerwerk-Stahlbetondecke) und G (Beton-Massivbau) wird in Kapitel 5.3 eingegangen.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Siehe Anhang C: Auswertung der Messdaten hinsichtlich Bauwerkseigenschaften (Bauteil, Material), Abbruchverfahren und Verfahren-Schutzmaßnahmen-Kombinationen.

<sup>37</sup> Der Gebäudetyp B ist der in Deutschland am weitesten verbreitete Gebäudetyp (vgl. Klauß et al. (2009)) und eine entsprechende Abbruchbaustelle konnte durch den Projektpartner Harzheim GmbH am 1. Messtag zur Verfügung gestellt werden. Die Messungen am 2. Messtag erfolgten an einem Untergeschoss und einer Bodenplatte aus unbewehrtem Beton (Gebäudetyp G). Dies ist ebenfalls weit verbreitet in Deutschland. Neben dem Gebäudetyp B, sind in Phase 2 Messungen am Gebäudetyp E geplant, der insbesondere im Osten Deutschlands häufig vorhanden ist. Die Typen A, C, D, und F werden im Rahmen des Projekts zunächst nicht betrachtet. Eine zukünftige Ausweitung der Datenbasis auf diese Gebäudetypen erscheint jedoch sinnvoll.

## 5.3. Messkonzept

### 5.3.1. „Erweitertes Messkonzept“

Das „erweiterte Messkonzept“ basiert auf der in Kapitel 4 (Abbildung 5) beschriebenen Struktur und berücksichtigt insbesondere die Aspekte der Abbruchdurchführung, der Bauwerkseigenschaften und der lokalen Rahmenbedingungen am Abbruchobjekt.<sup>38</sup>

Da die genannten Aspekte großen Einfluss auf Emissionen und Immissionen an Abbruchbaustellen (Lärm, Staub, Erschütterungen), auf die Gewinnung von Bauteilen zur Wiederverwendung und gegebenenfalls auf die Art der anfallenden Abbruchabfälle haben, sollten im Rahmen von Messkonzepten die in Tabelle 4 aufgeführten Unterkategorien berücksichtigt werden. Um den Einfluss auf Immissionen an Abbruchbaustellen zu ermitteln, ist die Erhebung dieser Einflüsse bei der Durchführung von Messungen für die Gewährleistung möglichst vergleichbarer, übertragbarer und interpretierbarer Messergebnisse notwendig.

Tabelle 4 kann entnommen werden, welche Unterkategorien im 1. Messkonzept bei den Messungen an den zwei Messtagen in der 1. Phase berücksichtigt wurden und welche im 2. Messkonzept in der 2. und 3. Projektphase beachtet werden. Im Wesentlichen unterscheiden sich diese in der Berücksichtigung der lokalen Rahmenbedingungen, die einen großen Einfluss auf die Messwerte sowie deren Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit und Interpretierbarkeit haben. Am 2. Messtag der 1. Phase wurden auch die meteorologische Bedingungen (Temperatur, Windrichtung und -stärke) aufgenommen. Die Bedingungen haben jedoch keinen Einfluss auf die Bewertung der Ergebnisse, da sie in den Regelbereich der jeweiligen anzuwendenden Norm fallen. Weiter wurde die Geschosshöhe aufgenommen. Da sich jedoch alle Bauteile im ersten Untergeschoss des Gebäudes befanden, erfolgte hier keine Differenzierung in der Auswertung.

Im Rahmen des Projektes wird durch die Annäherung der Messkonzepte an das „erweiterte Messkonzept“ die Vergleichbarkeit der Messergebnisse angestrebt.

Zukünftig ist hier eine Erweiterung des „erweiterten Messkonzepts“ auf Kosten denkbar.

**Tabelle 4: Zu berücksichtigende Unterkategorien des „erweiterten Messkonzepts“**

	<b>Unterkategorien</b>	<b>1. Messkonzept</b>	<b>2. Messkonzept</b>
<b>Messverfahren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messgeräte (Typ, Anzahl)</li> <li>- Position der Immissionsmessung: baustellenbezogene Restriktionen, so nah wie möglich an der Emissionsquelle</li> </ul>	X X	X X
<b>Bauwerkseigenschaften</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteilmaterial</li> <li>- Bauteilmasse</li> <li>- Bauteilausrichtung</li> <li>- Baualter</li> <li>- Gebäudehöhe, Geschosshöhe</li> </ul>	X X X X (X)	X X X X X
<b>Abbruchdurchführung<sup>39</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platzbedarf</li> <li>- Wasserbedarf</li> <li>- Maschinenwahl (abhängig vom vorhandenen Maschinenpark und Platzbedarf)</li> <li>- Verfahrenswahl (abhängig von der Eignung für das vorhandene Bauwerksmaterial, Platzverhältnissen und Umfeldeigenschaften)</li> <li>- Anbaugerätewahl (abhängig vom Ver-</li> </ul>	X X X X X	X X X X X

<sup>38</sup> Die Abbruchplanung findet, wie in Fußnote 32 detailliert begründet, indirekt Berücksichtigung im Messkonzept und soll diesbezüglich in Phase genauer untersucht werden.

<sup>39</sup> Verweis auf Fußnoten 32 und 38.



sind vom Messpunkt aus grob zu erfassen und anhand von Zeitangaben auszuwerten. Es erfolgt eine Fotodokumentation.

**Eingangsdaten und Unterlagen zur Abbruchbaustelle:** Planunterlagen zur Baustelle, Übersicht der Baumaschinen/Anbaugeräte, Angaben zu dem Abbruchmaterial, Bauablaufplan, Objektbezogene Abbrucharweisung, Objektbezogene Gefährdungsanalyse.

Das 1. Messkonzept wurde im Rahmen der 1. Phase auf zwei Abbruchbaustellen in Köln umgesetzt. Die Ergebnisse der Messungen sind in Abschnitt 5.3.3 näher beschrieben.

### 5.3.3. Messungen am 1. und 2. Messtag

In der folgenden Tabelle werden die im Rahmen der 1. Phase durchgeführten Messungen an 2 Messtagen auf Abbruchbaustellen der Gebäudetypen B und G beschrieben.

**Tabelle 5: Beschreibung der Messungen am 1. und 2. Messtag**

Pos.	Betreff	1. Messtag (Gutenbergstraße)	2. Messtag (Grüner Weg)
1	Messtag / Ausgangslage	<p>Die Messungen wurden am 20. Juni 2012 in Köln, Gutenbergstraße 12 A (siehe Luftbild in <b>Anhang D.1</b>) im Zuge des Abbruchs einer mehrgeschossigen Wohnbebauung durchgeführt. Das Objekt war zum Zeitpunkt der Messungen entkernt. Der Abbruch der Tragkonstruktion hatte begonnen.</p> <p>Meteorologische Bedingungen: stark bewölkt, zeitweise Regen Wind: 0-1 Bft (Beaufort) (1-5 km/h) aus Ost Temperatur: +10°C (8 Uhr); 13°C (12 Uhr)</p>	<p>Die Messungen wurden am 11. Oktober 2012 in Köln-Sürth, Grüner Weg (siehe Luftbild in <b>Anhang E.1</b>) im Zuge des Abbruchs einer Gewerbebebauung (Werksgelände der Firma LINDE) durchgeführt. Das Objekt war zum Zeitpunkt der Messungen bereits weitgehend abgebrochen. Die Stahlbetonsohle, Außenwände und Reste von unterirdischen Gängen in Betonbauweise standen zu Beginn der Messungen noch.</p> <p>Meteorologische Bedingungen: trocken, sonnig Wind: 0-1 Bft (Beaufort) (1-2 km/h) aus Ost Temperatur: +5°C (8 Uhr); 13°C (12 Uhr)</p>
2	Durchführung der Messungen	<p>Am Tag der Messungen wurden Abbrucharbeiten an verschiedenen Bauteilen des Gebäudes, hier: Stahlbetondecken, Stahlbetonwände und Mauerwerkswände mit einem Raupenbagger (CAT 319 D) und verschiedenen Anbaugeräten (Hydraulikhammer, Schere, Sortiergreifer und Pulverisierer) gemäß Messkonzept (siehe Messablaufplan in <b>Anhang D.2</b>) sowie nach örtlicher Abstimmung ausgeführt.</p> <p>Die einzelnen Arbeitsschritte, die eingesetzten Geräte und ihr zeitlicher Ablauf wurden dokumentiert (siehe Messprotokoll in <b>Anhang D.3</b>).</p>	<p>Am Tag der Messungen wurden Abbrucharbeiten an verschiedenen Bauteilen des Gebäudes, hier: Betonwände und Bodenplatte mit einem Kettenbagger (Liebherr R 944) und verschiedenen Anbaugeräten (Hydraulikhammer und Schere) gemäß Messkonzept sowie nach örtlicher Abstimmung ausgeführt.</p> <p>Die einzelnen Arbeitsschritte, die eingesetzten Geräte und ihr zeitlicher Ablauf wurden dokumentiert (siehe Messprotokoll in <b>Anhang E.2</b>).</p>
3	Lärm	<p>Zur Messung der Schallemissionen wurden zwei Schallpegelmesser des Typs Norsonic 140 eingesetzt.</p>	<p>Zur Messung der Schallemissionen wurden zwei Schallpegelmesser des Typs Norsonic 140 eingesetzt.</p>

		<p>Zu Beginn und Ende des Messtages wurden die beiden Messgeräte mit Hilfe eines Kalibrators geprüft und dokumentiert. Abweichungen oder Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt.</p> <p>Der Standort 1 lag ca. 15 m südlich der Abbrucharbeiten, ca. 2 m vor der rückwärtigen Bebauung unter einem ca. 4 m hohen Vordach.</p> <p>Der Standort 2 lag ebenfalls ca. 15 m westlich der Arbeiten, unterhalb eines Baumes. Eine seitliche Garagenwand war ca. 3,5 m von der Messstelle entfernt. Ein Stromerzeuger (Dieselgenerator) stand ca. 5 m westlich, eine zeitweise betriebene Wasserkanone (zum Staubniederschlag als Schutzmaßnahme der nördlich gelegenen Wohnbebauung) ca. 7 m östlich des Messpunktes.</p> <p>Die Lage der Messgeräte kann dem Luftbild (siehe <b>Anhang D.4</b>) entnommen werden.</p>	<p>Zu Beginn und Ende des Messtages wurden die beiden Messgeräte mit Hilfe eines Kalibrators geprüft und dokumentiert. Abweichungen oder Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt.</p> <p>Der Standort 1 lag ca. 15 m südöstlich der Abbrucharbeiten, auf einer in den Arbeitsbereich hineinragenden planierten Bauschuttauffüllung.</p> <p>Der Standort 2.1 lag ebenfalls ca. 15 m nördlich der Arbeiten, auf der Flächenbefestigung. Nach Beendigung der Arbeiten und Messungen an Bauteil 2 wurde der Standpunkt in nordwestliche Richtung verlegt (Standort 2.2).</p> <p>Die Lage der Messgeräte kann dem Luftbild (siehe <b>Anhang E.1</b>) entnommen werden.</p>
<b>4</b>	<b>Staub</b>	<p>Bei Durchführung der Messungen konnten keine messbaren Staubemissionen festgestellt werden.</p>	<p>Entsprechend dem Messkonzept und nach örtlicher Abstimmung wurden vier Bergerhoffgefäße (Öffnungsweite bzw. Bezugsfläche 95 cm<sup>2</sup>/Gefäß) gemäß VDI-Vorschrift 2119 im Baufeld aufgestellt. Drei Messstellen standen seitlich, außerhalb des Gebäudes auf der Flächenbefestigung, die vierte Messstelle wurde zentral im ehemaligen Kellergeschoss auf der Sohle aufgestellt. Die Höhe der Messeinrichtungen betrug 1,5 m über der Aufstellebene.</p> <p>Die Bergerhoffgefäße wurden mit Beginn des ersten Messabschnittes geöffnet und im Anschluss, nach jedem Messabschnitt durch neue ersetzt. Aus den bei der Entnahme aus dem Vogelschutzkorb verschlossenen Gefäßen wurde am Folgetag gravimetrisch die Staube deposition (Staubniederschlag) erfasst.</p>
<b>5</b>	<b>Erschütterungen</b>	<p>Zur Messung der beim Abbruch entstehenden Erschütterungen wurde ein Erschütterungsmessgerät vom Typ Syskom MR 2002, S/N 7220091 mit Messaufnehmer Syscom MS 2003, S/N 7281727 eingesetzt.</p>	<p>Zur Messung der beim Abbruch entstehenden Erschütterungen wurde ein Erschütterungsmessgerät vom Typ Syskom MR 2002, S/N 7220091 mit Messaufnehmer Syscom MS 2003, S/N 7281727 eingesetzt.</p>

		<p>Das Messgerät wurde in der südwestlichen Ecke des Kellergeschosses des im Abbruch befindlichen Gebäudes aufgestellt. Der Messaufnehmer stand an die örtlichen Gegebenheiten angepasst, abweichend der DIN 4150-1, unmittelbar auf dem Estrich der Sohle 0,75 m von den Außenwänden entfernt. Die Y-Achse des Aufnehmers war parallel zur Gebäudelängsseite (südwest-nordost ausgerichtet), die X-Achse war parallel zum schmaleren Giebel hin ausgerichtet.</p> <p>Alle Daten der Erschütterungsmessung wurden zeitgenau aufgezeichnet, was die spätere Zuordnung zu den Abbruchtätigkeiten bzw. -Ereignissen ermöglicht.</p> <p>Für die Beurteilung nach DIN 4150-2 „Erschütterung im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ ist die KB-Filterung zu verwenden. Als Beurteilungsgröße gilt der während der Beurteilungszeit höchste Wert der bewerteten Schwingstärke, die maximal bewertete Schwingstärke <math>KB_{Fmax}</math>. Die Taktzeit beträgt 30 Sekunden.</p>	<p>Der Standort des Erschütterungsmessgerätes lag im südöstlichen Bauwerksbereich im Zugang zum sogenannten Bunker auf dem Niveau der Kellersohle des abzubrechenden Gebäudes. Der Messaufnehmer stand an die örtlichen Gegebenheiten angepasst, abweichend der DIN 4150-1, unmittelbar auf der Sohle mittig zwischen den Gangwänden. Die Y-Achse des Aufnehmers war parallel zur Gebäudelängsseite, die X-Achse war parallel zum schmaleren Giebel hin ausgerichtet.</p> <p>Vor Beginn der Arbeiten an Bauteil 3 wurde der Messaufnehmer unter Beibehaltung der Achslagen unmittelbar an die südöstliche Gangwand versetzt.</p> <p>Alle Daten der Erschütterungsmessung wurden zeitgenau aufgezeichnet, was die spätere Zuordnung zu den Abbruchtätigkeiten bzw. -Ereignissen ermöglicht.</p> <p>Für die Beurteilung nach DIN 4150-2 „Erschütterung im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ ist die KB-Filterung zu verwenden. Als Beurteilungsgröße gilt der während der Beurteilungszeit höchste Wert der bewerteten Schwingstärke, die maximal bewertete Schwingstärke <math>KB_{Fmax}</math>. Die Taktzeit beträgt 30 Sekunden.</p>
--	--	--	--

### 5.3.4. Zusammenfassung der Messergebnisse des 1. und 2. Messtages

Die vorliegenden Messergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst.<sup>40</sup>

#### Lärmimmissionen

Bei der Aufstellung der Schallmessinstrumente wurde der Mindestabstand zu Wand und Boden eingehalten, sodass die Annahme von Messungen im „freien Gelände“ gilt. Daher muss bei LF (TM5) kein Korrekturfaktor für Fremdgeräusche (K1 nach DIN 45635-1, Abs. 7.1.3) berücksichtigt werden. In den Messzeiträumen der Abbruchtätigkeit (im Regelfall ca. 5 Minuten) gab es keine lautereren Fremdgeräusche. Darüber hinaus sind Reflexionen nicht maßgebend.

In Tabelle 6 und Tabelle 7 sind jeweils die relevanten Ergebnisse der Schallimmissionsmessungen am 1. und 2. Messtag zusammengefasst.

**Tabelle 6: Lärmimmissionen am 1. Messtag (gemessen im Abstand von ca. 15 m)**

BT-Bez. <sup>41</sup>	Bauteil (BT) (-Substanz) / Anbaugerät	Verfahren	Mittelwert LF (TM5) [dB(A)]	Differenz aus Vorbelastung (59,9) und Mittelwert LF	Spitzenwert Lpeak [dB(A)]
2.OG	Wandscheibe (Stb) / Hammer	Stemmen	76,6	16,7	107,7
1.OG	Wandscheibe (Stb) / Schere	Pressschneiden	68,0	8,1	104,2
2.OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Hammer	Stemmen	70,6	10,7	97,1
1.OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Schere	Pressschneiden	67,5	7,6	98,7
1. OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Sortiergreifer	Abgreifen	73,2	13,3	101,4
2.OG	Decke (Stb) / Hammer	Stemmen	76,3	16,4	109,3
1.OG	Decke (Stb) / Schere	Pressschneiden	74,9	15,0	105,2
	Gem. Abbruchmaterial / Pulverisierer	-/-	70,1	10,5	98,8

Ein Beispiel zur Auswertung der Lärmimmissionen ist in **Anhang D.5** enthalten.

<sup>40</sup> Zusammenfassung der Messergebnisse in Anlehnung an die Datenbankstruktur und die in der Datenbank integrierten Daten (vgl. 5.2).

<sup>41</sup> Zur Bezeichnung und Lage der Bauteile (BT) Anhang D.4.

**Tabelle 7: Lärmimmissionen am 2. Messtag (mit variierendem Abstand<sup>42</sup>)**

BT-Bez. <sup>43</sup>	Bauteil (BT) (-Substanz) / Anbaugerät	Verfahren	Abstand zw. Bauteil und Sensor [m]	Mittelwert LF (TM5) [dB(A)]	Differenz aus Vorbelastung (65,4) und Mittelwert LF	Spitzenwert Lpeak [dB(A)]
1	Wand (Beton) / Schere	Press-schneiden	ca. 15	85,0	19,6	113,1
2	Wand (Beton) / Schere	Press-schneiden	ca. 14	85,6	20,2	108,5
3	Wand (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 10	98,3	32,9	120,6
4	Wand (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 15	93,6	28,2	113,8
Bodenplatte	Bodenplatte (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 14	92,0	26,6	114,0

Ein Beispiel zur Auswertung der Lärmimmissionen ist in **Anhang E.3** enthalten.

Hinweis / Definition zu den auf der Auswertung aufgeführten Kennwerten:

- Leq: Langzeit äquivalenter durchschnittlicher Schalldruckpegel  
 LF (max / min): Maximaler / minimaler Schalldruckpegel, Filter A  
 LE: Schalleinwirkungspegel, Rückrechnung der Energie auf 1 Sekunde, Verwendung insbesondere bei Kurzzeitereignissen (z.B. Schüsse, Messung für Arbeitsschutz)  
 Lpeak: Maximaler Spitzen-Pegel  
 LF (TM5): Gemittelter maximaler Schalldruckpegel (A-Filter) im 5 Sekunden-Takt

### Beurteilung der Ergebnisse:

Gemäß DIN EN ISO 11204:2010-10 muss in Höhenlagen von  $\leq 500$  m über NN und bei Temperaturen zwischen  $-20^{\circ}$  C und  $40^{\circ}$  C keine Normierung auf meteorologische Bezugsbedingungen hinsichtlich des gemessenen Schalldruckpegels vorgenommen werden. Diese Rahmenbedingungen wurden an beiden Messtagen eingehalten.

Die Auswertung der Messergebnisse innerhalb eines Messtages zeigt, dass das eingesetzte Anbaugerät sowie die vorhandene Bausubstanz die Lärmemissionen wesentlich beeinflussen. Beim Einsatz eines (Hydraulik-) Hammers wurden im Vergleich zum Einsatz einer (Hydraulik-) Schere bei gleicher Bausubstanz größere Lärmemissionen festgestellt. Analog wurden bei gleichem Anbaugerät bei Bauteilen aus Stahlbeton größere Lärmemissionen als bei Mauerwerksbauteilen ermittelt.

Der Vergleich der ermittelten Werte zeigt, dass am 2. Messtag höhere Schalleistungspegel gemessen wurden. Dies ist zum einen auf die höhere Vorbelastung und zum anderen auf das größere Abbruchgerät und Anbaugerät zurückzuführen.

<sup>42</sup> Da der Abstand zwischen dem abzubrechenden Bauteil und dem Schallmessgerät die Ergebnisse beeinflusst, wurde dieser Abstand im Rahmen des 2. Messtages erfasst.

<sup>43</sup> Zur Bezeichnung und Lage der Bauteile (BT) Anhang E.1.

Als praxisbewährte Grundlage wurde für die Schallpegelmessung die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vom 26. August 1998 herangezogen.

Der Beurteilungspegel überschritt während der Abbruchtätigkeit am Standort des Messgerätes, den jeweils zulässigen Immissionsrichtwert (55 dB(A) im allgemeinen Wohngebiet bzw. 65 dB(A) im Gewerbegebiet). Eine weitere Betrachtung über Abminderungen des Wirkpegels aufgrund tatsächlicher Arbeitszeiten erfolgte nicht.

## Staubimmissionen

### 1. Messtag

Es wurden keine messbaren Staubimmissionen festgestellt.

### 2. Messtag

Die Staubmessungen wurden auf den Zeitraum der Abbrucharbeiten am jeweiligen Bauteil bezogen. Als Staubniederschlag wurden Körner bis 1 mm, nach visueller Prüfung Betonrückstand, festgestellt. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Staubimmissionsmessungen zusammengefasst. Die erste Messung am Standort 3 und 4 (siehe Lageplan in Anhang E.3) ist daher durch die räumliche Nähe der Abbruchtätigkeit stark beeinflusst.

**Tabelle 8: Staubimmissionen am 2. Messtag (Standorte 1-4, mit variierendem Abstand<sup>44</sup>)**

BT-Bez. <sup>45</sup>	Bauteil (BT) (-Substanz)/Anbaugerät	BT-volumen [m <sup>3</sup> ]	Verfahren	Standort 1		Standort 2		Standort 3		Standort 4	
				Abstand (BT – Sensor) [m]	Staub-masse [mg/(m <sup>2</sup> *d)]	Abstand (BT – Sensor) [m]	Staub-masse [mg/(m <sup>2</sup> *d)]	Abstand (BT – Sensor) [m]	Staub-masse [mg/(m <sup>2</sup> *d)]	Abstand (BT – Sensor) [m]	Staub-masse [mg/(m <sup>2</sup> *d)]
1	Wand (Beton) / Schere	ca. 8	Press-schneiden	ca. 14	3.789	ca. 18	2.526	ca. 6	448.421	ca. 17	61.895
2	Wand (Beton) / Schere	ca. 12	Press-schneiden	ca. 14	892	ca. 20	892	ca. 7	22.291	ca. 16	892
3	Wand (Beton) / Hammer	ca. 7	Stemmen	ca. 17	0	ca. 25	0	ca. 17	5.053	ca. 6	1.684
4	Wand (Beton) / Hammer	ca. 8	Stemmen	ca. 6	3.567	ca. 8	18.724	ca. 21	0	ca. 27	4.458
Boden-platte	Bodenplatte (Beton) / Hammer	ca. 6	Stemmen	ca. 5	5.684	ca. 8	7.579	ca. 13	13.263	ca. 23	5.684

Weitere Details zur Auswertung der erfassten Staubimmissionen sind in **Anhang E.5** enthalten.

<sup>44</sup> Da die Bauteilmasse und der Abstand zwischen dem abzubrechenden Bauteil und dem Standort der Bergerhoff-Gefäße einen Einfluss auf das Ergebnis haben, wurden diese Angaben im Rahmen des 2. Messtages erfasst.

<sup>45</sup> Zur Bezeichnung und Lage der Bauteile (BT) Anhang E.1.

### Beurteilung der Ergebnisse:

Wie der Vergleich der beiden Messtage zeigt, haben die meteorologischen Rahmenbedingungen (Windstärke und Niederschlag/Luftfeuchte) wesentlichen Einfluss auf die erfassten Staubdepositionen.

Des Weiteren wirkt sich der gewählte Abstand der Bergerhoff-Gefäße vom Abbruchgerät / den Abbruchtätigkeiten wesentlich auf die Messwerte aus.

Im regulären Baustellenbetrieb würden sich im Vergleich zu den hier ermittelten Staubdepositionen durch arbeitsfreie Zeiten (über Nacht, Pausen, Wochenende) und einen diskontinuierlichen Baubetrieb Abminderungen ergeben.

Bei einem typischen, 28-tägigen Messrhythmus käme hingegen die standortübliche Staubbelastung (Vorbelastung) zum Messwert hinzu.

### Erschütterungsimmissionen (gemessen im UG des Gebäudes)

Bei den in Tabelle 9 und Tabelle 10 aufgeführten Messwerten handelt es sich um Maximalwerte. Sie stellen nicht den Schwingungsverlauf dar, sondern eine Einhüllende der einzelnen Werte. Am 1. Messtag wurde für die Bewertung der Erschütterungsimmissionen  $KB_{Fmax}$  herangezogen. Für die Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf die lokale Umwelt wäre die Schwinggeschwindigkeit ( $v_i$ ) nach DIN 4150-3 geeigneter. Da jedoch eine Umrechnung von  $KB_{Fmax}$  auf  $v_i$  für den 1. Messtag im Nachhinein nicht möglich ist, wurde zur Vergleichbarkeit auch für die Bewertung der Erschütterungsimmissionen am 2. Messtag  $KB_{Fmax}$  verwendet.

**Tabelle 9: Erschütterungsimmissionen am 1. Messtag**

BT-Bez. <sup>46</sup>	Bauteil (BT) (-Substanz) / Anbaugerät (Bagger)	Verfahren	$KB_{Fmax}$
2.OG	Wandscheibe (Stb) / Hammer	Stemmen	0,2474
1.OG	Wandscheibe (Stb) / Schere	Pressschneiden	0,2458
2.OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Hammer	Stemmen	kein Messergebnis (Fehler bei der Aufzeichnung)
1.OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Schere	Pressschneiden	0,1261
1. OG	Wandscheibe (Mauerwerk) / Sortiergreifer	Abgreifen	0,1996
2.OG	Decke (Stb) / Hammer	Stemmen	kein Messergebnis (Fehler bei der Aufzeichnung)
1.OG	Decke (Stb) / Schere	Pressschneiden	0,2044
	Gem. Abbruchmaterial / Pulverisierer	-/-	0,1182

Ein Beispiel zur Auswertung der Erschütterungsmessungen ist in **Anhang D.6** enthalten.

<sup>46</sup> Zur Bezeichnung und Lage der Bauteile (BT) Anhang D.4.

**Tabelle 10: Erschütterungsimmissionen am 2. Messtag (gemessen mit variierendem Abstand<sup>47</sup>)**

BT-Bez. <sup>48</sup>	Bauteil (BT) (-Substanz) / Anbaugerät (Bagger)	Verfahren	Abstand zw. Bauteil und Sensor [m]	KB <sub>Fmax</sub>
1	Wand (Beton) / Schere	Pressschneiden	ca. 22	0,36566
2	Wand (Beton) / Schere	Pressschneiden	ca. 22	0,32574
3	Wand (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 19	0,79039
4	Wand (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 10	1,15126
Bodenplatte	Bodenplatte (Beton) / Hammer	Stemmen	ca. 15	0,81754

Ein Beispiel zur Auswertung der Erschütterungsmessungen ist in **Anhang E.4** enthalten.

KB<sub>Fmax</sub>: Maximal bewertete Schwingstärke (Maximalwert von KBF(t), der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt).

### Beurteilung der Ergebnisse:

Die Erschütterungsereignisse sind während der Messungen kontinuierlich aufgetreten. Die Auslösewerte der Aufzeichnung von Einzelereignissen (z.B. Einsatz des Hydraulikhammers) sind während der Messungen zur Sicherstellung der differenzierten Erfassung von erhöhten Schwingungen – in Bezug auf die Auslöseschwelle – mehrfach angepasst worden, um eine vollständige Aufzeichnung zu gewährleisten.

Grundsätzlich wird zwischen kurzzeitigen und dauerhaften Erschütterungen unterschieden. Kurzzeitige Erschütterungen sind Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialmüdigkeitserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in den betroffenen Strukturen Resonanzen zu erzeugen. Einzelereignisse (hier der Einsatz der Schere) sind kurzzeitige Erschütterungen. Der Einsatz des Hydraulikhammers ist aufgrund der hohen Frequenz als dauerhafte Erschütterung zu bezeichnen.

Die Auswertung der Messergebnisse innerhalb eines Messtages zeigt, dass das eingesetzte Anbaugerät sowie die vorhandene Bausubstanz die Erschütterungen (hier: KB<sub>Fmax</sub>-Werte) wesentlich beeinflussen. Beim Einsatz eines (Hydraulik-) Hammers wurden im Vergleich zum Einsatz einer (Hydraulik-) Schere größere KB<sub>Fmax</sub>-Werte festgestellt. Analog wurden bei Bauteilen aus Stahlbeton größere KB<sub>Fmax</sub>-Werte als bei Mauerwerksbauteilen festgestellt.

In diesem Zusammenhang ist auf die örtlichen Rahmenbedingungen bei Erschütterungsmessungen hin-zuweisen. Sowohl die Bodeneigenschaften, der Aufstellungsort sowie der Abstand des Messgerätes vom Abbruchgerät / den Abbruchtätigkeiten wirken sich wesentlich auf die ermittelten Werte aus.

Für die Beurteilung nach DIN 4150-2 „Erschütterung im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ ist die KB-Filterung zu verwenden.

Als Beurteilungsgröße gilt der während der Beurteilungszeit höchste Wert der bewerteten Schwingstärke, die maximal bewertete Schwingstärke KB<sub>Fmax</sub>. Die Taktzeit beträgt 30 Sekunden. Zur Beurteilung dieser Werte enthält die DIN 4150-2 die in Abbildung 7 dargestellten Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen.

<sup>47</sup> Da der Abstand zwischen dem abzubrechenden Bauteil und dem Erschütterungsmessgerät das Ergebnis beeinflusst, wurde dieser Abstand im Rahmen des 2. Messtages erfasst.

<sup>48</sup> Zur Bezeichnung und Lage der Bauteile (BT) vgl. Anhang E.1.

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebieteinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

**Abbildung 7: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2**

Bei Unterschreitung des unteren Anhaltswertes  $A_u$  ist die Anforderung der Norm eingehalten, bei Überschreitung des oberen Anhaltswertes  $A_o$  sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten. Bei häufigerer Einwirkung mit  $KB_{Fmax}$  größer  $A_u$ , aber kleiner  $A_o$  ist zusätzlich zu prüfen, ob die Beurteilungsschwingstake  $KB_{FTr}$  kleiner ist als  $A_r$ . Ist dies der Fall, dann sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

**Fazit:** Da nur sehr wenige Messungen durchgeführt wurden und lokale Einflussfaktoren, wie Luftfeuchte, Regen und Vorbelastungen, nicht vollständig erfasst und somit eliminiert werden konnten sind die durchgeführten Messungen nur eingeschränkt vergleichbar. Daher ist auch eine Eintragung der Messergebnisse in die Datenbank durch die Unterfütterung der Bewertungen der Verfahren-Material-Kombinationen (Anhang G), die derzeit auf Literaturodaten und Expertenwissen basierten, zum jetzigen Zeitpunkt nur bedingt möglich.

Auf Grund dieser Erfahrung, der geringen Vergleichbarkeit erfolgte als Vorarbeit für die 2. Phase eine Weiterentwicklung des 1. Messkonzepts hin zu einem 2. Messkonzept durch den Projektpartner BTU (Vorarbeit für die 2. und 3. Phase). In diesem 2. Messkonzept sollen die betrachteten Untersuchungsmerkmale aufbauend auf dem 1. Messkonzept, hinsichtlich der Unterkategorien des „erweiterten Messkonzepts“ ausgeweitet werden. Insbesondere werden eine detailliertere Staubmessung, die Begutachtung der Materialtrennung, die Form der Emissionsquelle(n) sowie die lokalen Rahmenbedingungen berücksichtigt (Tabelle 4). Eine detaillierte Darstellung des Konzeptentwurfs für die Messung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsimmissionen findet sich in Anhang F.

#### 5.4. Ansatz für ein mobiles Immissionserfassungssystem

In der 1. Phase wurde als Vorarbeit zu Arbeitspaket C.1 (Anhang B) der Ansatz zur Erstellung eines Immissionserfassungssystems entwickelt, das die relevanten Größen wie Schall, Staub und Erschütterungen auf Abbruchbaustellen überwacht. Das System soll in den folgenden Grundsätzen folgen:

**Automatische Positionseinmessung des Netzwerks und GPS:** Eine automatisierte Positionsermittlung ist mit GPS und bezahlbarer Technik nur im Bereich bis ca. 5 Meter möglich. Das System soll jedoch über eine interne Laufzeitmessung die Abstände der einzelnen Knoten zueinander berechnen, um eine genauere Position zu ermitteln. Mit diesem System soll so vermieden werden, dass die Messknoten aufwendig eingemessen werden müssen und dass jedes Umsetzen der Knoten in einer neuen Vermessung endet.

**Verwendung diverser Sensoren zu Testzwecken:** Zur Ermittlung der Einsatzeignung der Sensoren, die die gestellten Aufgaben hinreichend erledigen, dabei aber bezahlbar und robust genug für einen täglichen Einsatz sind, ist es nötig diverse Sensoren für die verschiedenen Messgrößen zu testen. Dabei müssen genügend analoge und digitale (je 3) Eingänge des Grundsystems zur Verfügung stehen.

**Zentrale Auswertung der Messwerte in Echtzeit:** Das Messsystem soll in Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug frühzeitig vor hohen Emissionen/Immissionen warnen und somit entsprechende Gegenmaßnahmen ermöglichen, sodass alle geforderten Grenzwerte eingehalten werden können. Dazu ist es nötig, dass die Messwerte sobald verfügbar genutzt und ausgewertet werden. In diesem Zusammenhang ist eine weiche Echtzeitanforderung in der Größenordnung von 2 Sekunden realistisch und aufgrund der Technik, die eine gewisse Latenz bedingt, voraussichtlich im Bereich von 0,2 Sekunden möglich.

**Kontinuierliche Messungen:** Alle Messungen sollen permanent erfasst und ausgewertet werden. Ob dabei alle Messwerte immer gespeichert werden, ist noch insbesondere im Hinblick auf privacy-by-design-Regeln zu bewerten. Generell ist es jedoch für alle Akteure von Vorteil, wenn auch im Nachhinein dokumentiert werden kann, dass alle Grenzwerte beachtet wurden. Im Fall von Überschreitungen können direkt Gegenmaßnahmen dokumentiert werden und somit kann sichergestellt werden, dass alle Möglichkeiten zur Einhaltung der Grenzwerte genutzt wurden.

**Praxistauglichkeit:** Hinsichtlich der Praxistauglichkeit ist die Wirtschaftlichkeit ein zentraler Punkt. Nur für eine sehr günstige Version des Sensorträgers ist die Möglichkeit der Eingliederung in den Bauprozess gegeben. Die Basis der Sensoren soll ein relativ günstiges Modul sein, aber die Software dahinter wird voraussichtlich sehr aufwendig gestaltet sein. In der ersten Version sollen vorrangig low-cost Sensoren verbaut werden. Lediglich im Rahmen der Schallmessungen soll die Klasse II eingehalten werden. Die Schwingungsmessung soll bei der ersten Version über Beschleunigungssensoren durchgeführt werden. Für die Staubmessungen soll ein Sensor verwendet werden, der die Gesamtstaubbelastung (Immission) in der Luft ermittelt. Die Güte der einfachen Sensoren wird durch Tests und Vergleiche mit zugelassenen Messgeräten bestimmt.

## 6. Fazit

### 6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse der 1. Projektphase

In der 1. Phase des Forschungsprojekts wurde der Rahmen für die systematische Erfassung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen bei Gebäudeabbrüchen sowie die Entwicklung von Ansätzen zu deren Minderung gesetzt. In diesem Zusammenhang wurden die folgenden Ergebnisse für die Integration der Erfassung und Kontrolle von Emissionen und Immissionen in den Abbruchprozess erzielt:

**Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank:** Aus Literatur-, Herstellerdaten, Expertenwissen und Messungen wurde eine geeignete Struktur für eine Datenbank entwickelt, in der die beim Bauwerksabbruch entstehenden Emissionen und Immissionen (Lärm, Staub, Erschütterungen) sowie die direkt determinierenden Aspekte Abbruchdurchführung, Bauwerkseigenschaften und die lokalen Rahmenbedingungen abgebildet werden. In der 1. Projektphase wurde diese umgesetzt und soll in Phase 2 und 3 fortgeführt werden. Die Datenbank erlaubt eine erste vorläufige Anwendung des entwickelten Unterstützungswerkzeugs für die qualitative Bewertungen von verfahrens- und materialbezogenen, durchschnittlichen

Lärm-, Gesamtstaub- und Erschütterungsemissionen bei den sieben identifizierten Gebäudetypen auf Basis von Literaturdaten, rechtlichen Regelungen, Experteneinschätzungen und sehr vereinzelt Messungen. Im Rahmen der folgenden Projektphasen soll diese verfahrens- und materialbezogenen Bewertungen mit Hilfe von weiteren Expertenbefragungen und Messungen auf Abbruchbaustellen weiter analysiert und angepasst werden und um den Maschinengrößenbezug sowie um mögliche Minderungen durch technische Schutzmaßnahmen ergänzt werden.

**Gebäudetypologie:** In Hinblick auf eine intelligente Abfrage und Nutzbarmachung der Daten, ist die Typisierung der Gebäude von zentraler Bedeutung, wofür in der 1. Phase eine erste aggregierte Einteilung der in Deutschland vorhandenen Gebäude anhand von Baumaterialien und Konstruktionsweise erfolgte. Ziel ist es, die Typologie in der 2. Phase so in das Unterstützungswerkzeug zu integrieren, dass vorhandene und zukünftige Messwerte und Daten besser zugeordnet und verglichen werden können. Es ist geplant, bereits anhand des Gebäudetyps ohne detaillierte Kenntnis der Bauwerkseigenschaften, Informationen hinsichtlich geeigneter Emissions- und Immissionsminderungsmaßnahmen (geeignete Abbruchverfahren und Einsatz möglicher Schutzmaßnahmen) bereitzustellen und in Kombination mit der Baualtersklasse auf erwartete Schadstoffvorkommen hinzuweisen.

**Planungsunterstützungswerkzeug:** Zur Nutzbarmachung der erarbeiteten Datenbank und der dort hinterlegten Informationen wurde ein Konzept für ein Unterstützungswerkzeug für die Abbruchplanung erstellt. Neben der Integration der Gebäudetypologie und einer entsprechenden Auswertung, soll das Werkzeug auch bei detaillierter Angabe der Bauwerkseigenschaften qualitative Bewertungen von maschinen-, verfahrens- und materialbezogenen Lärm-, Gesamtstaub- und Erschütterungsemissionen sowie geeigneten Emissions- und Immissionsminderungsmaßnahmen liefern. Mit einer ersten, softwaretechnischen Umsetzung wurde begonnen. Die Ergänzung und Weiterentwicklung des Konzepts sowie die prototypische Umsetzung sind in der 2. und 3. Projektphase angedacht.

**Messkonzept und Immissionsmessungen:** Um die begrenzte Datenlage von detaillierten Literatur- und Herstellerdaten zu Emissionen und Immissionen bei Abbrucharbeiten zu ergänzen, wurden in der 1. Phase auf zwei Abbruchbaustellen Messwerte auf Basis eines 1. Messkonzepts für material- und verfahrensbezogene Immissionsmessungen ermittelt. Ein „erweitertes Messkonzept“ wurde entwickelt, das weitere immissionsbeeinflussende Parameter, wie beispielsweise die Vorbelastung (Immissionsbelastung ohne Abbruch) und die meteorologischen Bedingungen, und auch Abbruchabfälle berücksichtigt. Davon abgeleitet wurde ein vorläufiges 2. Messkonzept für die 2. und 3. Phase entworfen, um die Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit von Messergebnissen gegenüber den auf Basis des 1. Messkonzepts erhobenen Daten zu erhöhen.

**Immissionserfassungssystem:** Für ein System zur Immissionserfassung an Abbruchbaustellen wurde ein Ansatz entwickelt, der im Rahmen der 2. und 3. Projektphase zu einem Konzept ausgearbeitet und prototypisch umgesetzt werden soll.

**Ergebnisverbreitung:** Die Ergebnisse sind Grundlagen für die geplante 2. und 3. Projektphase.

Insgesamt wurden die im Projektkennblatt genannten sechs Arbeitsschritte bearbeitet. Die dort genannte Umwelt- und Gesundheitsbelastungsdatenbank (1.) sowie die Maschinen- und Methodendatenbank (2.) wurden in der als Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank bezeichneten Datenbank erarbeitet und zusammengeführt. Der dritte Arbeitsschritt der Ermittlung von Umweltbelastungen (3.) wurde im Rahmen des Messkonzepts und der Immissionsmessungen auf Abbruchbaustellen entsprochen. Die Entwicklung von Minderungsansätzen bei Maschinen und Verfahren (4.) sowie bei bestimmten Rückbauten (5.) wurde durch die Gebäudetypologie, die Konzeptionierung des Planungswerkzeugs und den Ansatz des Immissionserfassungssystems erarbeitet. Die Zusammenfassung der Ergebnisse (6.) erfolgte im Rahmen eines Zwischenberichts im August 2012 und im Zuge der Erstellung des vorliegenden Endberichts der 1. Projektphase.

## 6.2. Ausblick auf die 2. und 3. Projektphase

In der 2. Phase des Forschungsprojekts soll die systematische Erfassung von Lärm-, Staub- und Erschütterungsemissionen und -immissionen bei Gebäudeabbrüchen sowie die Entwicklung von Ansätzen zu deren Minderung fortgeführt und weiterentwickelt werden.

**Emissions-/Immissions-/Abbruchmaterialdatenbank, Gebäudetypologie und Planungsunterstützungswerkzeug:** Die Ausweitung der Datenbank durch Datenrecherche und Einbindung von Expertenwissen soll erfolgen. Weiter ist die Fortsetzung der softwaretechnischen Umsetzung der beschriebenen Datenstruktur, die Konzeptweiterentwicklung sowie die Weiterführung und Verfeinerung der prototypischen Umsetzung des Werkzeugs zur Unterstützung der Abbruchplanung geplant.

**Messkonzept und Immissionsmessungen:** Weitere Immissionsmessungen an Abbruchbaustellen sollen die Messergebnisse aus Phase 1 ergänzen. Damit einhergehend wird die Weiterentwicklung des Messkonzepts mit dem Ziel einer erhöhten Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit und Interpretierbarkeit der Daten angestrebt. Insbesondere sollen im 2. Messkonzept verstärkt die lokalen Rahmenbedingungen sowie andere Faktoren untersucht werden, die entscheidend Einfluss auf die Abbruchplanung sowie die Emissionen und Immissionen beim Gebäudeabbruch nehmen.

**Immissionserfassungssystem:** Der Ansatz für die technische Neuentwicklung eines Systems zur Immissionserfassung soll zu einem Konzept ausgeweitet werden und dieses System an relevanten Aufpunkten auf Abbruchbaustellen prototypisch realisiert werden. Das Messsystem soll in Verbindung mit dem Unterstützungswerkzeug frühzeitig vor Emissionen bzw. Immissionen warnen, sodass entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden und Grenzwerte eingehalten werden können.

**Handlungsempfehlungen und Ergebnisverbreitung:** Es sollen Vorschläge zur Berücksichtigung von Emissionen und Immissionen sowie zum Einsatz relevanter Schutzmaßnahmen in der Ausschreibungspraxis von Bauwerksabbrüchen unterbreitet werden. Weiter sollen für die jeweiligen Akteure (Bauherr, Planungsingenieur und Abbruchunternehmer) Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des Vertragsinhalts (auf Basis der Ausschreibungsunterlagen) (in Anlehnung an VDI-Richtlinie 6210 (Gründruck)), zur Emissions- und Immissionsminderung sowie zum Einsatz des neu entwickelten Immissionserfassungssystems erarbeitet werden. Außerdem wird ein Vorschlag für die Weiterführung der entstehenden Datenbasis erarbeitet.

Im Rahmen der Ergebnisverbreitung soll das Umweltbundesamt, das Interesse an dem Projekt signalisiert hat, in der 2. und 3. Projektphase in Form eines Beirates eingebunden werden.

## Literaturverzeichnis

Abfallverzeichnis-Verordnung (2012): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001. Zuletzt geändert am 24.02.2012 (BGBl. I S. 212).

ArbStättV (2010): Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung) vom 12. August 2004. Zuletzt geändert am 19.07.2010 (BGBl. I S. 960).

AVV (1970): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen - vom 19. August 1970 (Beil. zum BAnz. Nr. 160).

BauA (2010): Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Juli 2010, Dortmund, Online unter: <http://www.baua.de>. Aufgerufen am: 23.06.2012.

BayLfU (2003): Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau - Kontaminierte Bausubstanz Erkundung, Bewertung, Entsorgung. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, 2003.

Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2010), Schweizerische Eidgenossenschaft, Online unter: <http://www.bafu.admin.ch>. Zuletzt aktualisiert am: 08.01.2010.

Bauherren-Schutzbund e.V. (2010): Ratgeber - Schadstoff-Check beim Immobilienerwerb aus zweiter Hand. Berlin, 2010. Online unter: <http://www.bsb-ev.de>.

BauStellV (2004): Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung/BauStellV), Bundesgesetzblatt I, 1998, Seite 1283, zul. geändert am 23.12.2004 (BGBl. I, S. 3816).

BG Bau (2011): Abbruch und Asbest – Informationen und Arbeitshilfen für Planung und Ausschreibung, Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Berlin, Ausgabe 2011.

BG Bau (2012): Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Online unter: <http://www.wingis-online.de>. Abgerufen am: 01.08.2012.

BGR 128 (2006): Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Kontaminierte Bereiche (1997-04). Aktuelle Fassung Februar 2006, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss „Tiefbau“ der BGZ.

BImSchG (2012): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz). Zuletzt geändert am 27.06.2012 (BGBl. I S. 1421).

32. BImSchV: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung) vom 29. August 2002. Zuletzt geändert am 8.11.2011 (BGBl. I S. 2178).

BKK (2012): Glossar. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Online unter: [http://www.bbk.bund.de/DE/Servicefunktionen/Glossar/\\_function/glossar](http://www.bbk.bund.de/DE/Servicefunktionen/Glossar/_function/glossar). Aufgerufen am: 17.12.2012.

BMVBS (2011): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude – Prozessqualität – Bauausführung – Baustelle/Bauprozess, 5.2.1, Version 2011\_1, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

BREEAM (2012): The world's leading design and assessment method for sustainable buildings. Online unter: <http://www.breeam.org/>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

DAfStb (Hrsg.) (1999): Leitfaden für die Erfassung und Bewertung der Materialien eines Abbruchobjektes, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 493, Beuth, Berlin, 1999.

Deutscher Abbruchverband (2012) Checklisten und Handlungsanleitungen, Online unter: <http://www.deutscher-abbruchverband.de/index.php?page=vorlagen-und-checklisten>. Abgerufen am: 01.08.2012.

DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen. Deutsches Institut für Normung. DIN 4150-1:2001-06: Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen; DIN 4150-2:1999-06: Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; DIN 4150-3:1999-02: Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

DIN 18007:2009-03: Abbrucharbeiten - Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche. Berlin, Beuth-Verlag, 2009.

DGNB (2012): Zertifikat der Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.. Online unter: [http://www.dgnb.de/\\_de/](http://www.dgnb.de/_de/). Aufgerufen am: 13.06.2012.

Dröscher, F. (2012): Zwischenlagerung und Aufbereitung von extern gewonnenem Kies und Sand aus dem integrierten Rheinprogramm – Beurteilung der Schallimmissionen. Holcim Kies und Beton GmbH, Werk Haltingen, 11.06.2012.

EK-SMU (1998): Konzept Nachhaltigkeit - Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht der Enquete-Kommission - Schutz des Menschen und der Umwelt, Bonn, 1998.

EK-SMU (Hrsg.); Paschen, H.; Kohler, N.; Hassler, U. (1999): Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen, Springer-Verlag, Heidelberg, 1999.

ErsatzbaustoffV (2012): Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material. Entwurf, Stand: 31.10.2012.

GvSs (Hrsg.) (2010): Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden - Erfassen, bewerten, beseitigen, Gesamtverband Schadstoffsanierung GbR, Rudolph Müller Verlag, Köln, 2010.

EU-Richtlinie 2000/14/EG: Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen (ABl. L 162 vom 3.7.2000, S. 1). Zuletzt geändert am 17.06.2006.

GefStoffV (2004): Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 23.12.2004, Bundesgesetzblatt I, Nr. 74, 29.12.2004, S. 3758.

GewAbfV (2002): Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung) vom 19. Juni 2002 (BGBl. I S.1938). Zuletzt geändert am 24.02.2012 (BGBl. I S.121).

Görg, H. (2001): Bauen für den Umweltschutz: Es gibt viel zu tun – nur wissen wir nicht wann! Altlasten Spektrum 3/2001, S. 152-153.

Grünthal, G. (1998): European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 15, Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, 99 pp., 1998.

Haltenorth, I.; Weber, L.; Leistner, P.; Mehra, S.-R. (2007): Neuartige Maßnahmen zur Minderung von Baulärm – Systeme, Methoden, Wirkungen. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS. Universität Stuttgart, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, 28. Februar 2007.

HAZUS (2003): National Institute of Building Sciences and Federal Emergency Management Agency, 2003. Multi-hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake Model, HAZUS@MH Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, 2003.

IWU (2003): Deutsche Gebäudetypologie - Systematik und Datensätze. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2. Auflage, online unter: <http://www.iwu.de>. Abgerufen am 26.04.2012.

IWU (2006): Gebäudetypologie Bayern: Entwicklung von 11 Hausdatenblättern zu typischen Gebäuden aus dem Wohngebäudebestand Bayerns. Studie im Auftrag des Bund Naturschutz Bayern e.V., Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Online unter: <http://www.iwu.de>. Abgerufen am 16.05.2012.

Klauß, S.; Kirchof, W.; Gissel, J. (2009): Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklassen und Ableitung typischer Bauteilaufbauten. ZBU, Kassel, Oktober, 2009.

Krämer, E.; Leiker, H. Wilms, U. (2004): Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden (Herausgeber), 2004.

KrWG (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz), vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212).

Kummer, W. (1998): Lärm bei Abbrucharbeiten. In: Tiefbau 3/1998, S. 172-177.

Landesamt für Arbeitsschutz Potsdam (Hrsg.) (2011): Datenbank KarLA, Online unter: <http://www.las-bb.de/karla>. Aktualisiert zuletzt 02.2011.

LärmVibrationsArbSchV (2010): Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung) vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261). Zuletzt geändert am 19.07.2010 (BGBl. I S. 960).

Lebenszyklusplanung (2012): Nachhaltiges Planen und Bauen - Die erste Anlaufstelle für fundierte Fachinformationen und Lösungen. Online unter: <http://www.lebenszyklus-planung.de/>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

Lfl (2000): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 10. Mai 2000, Online unter: <http://www.lung.mv-regierung.de>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

LfU (2012): Schall-Emissions-Literatur-Datenbank SELIDAT. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz. Online unter: <http://www.lfu.bayern.de/laerm/selidat/index.htm>. Aufgerufen am: 26.11.2012.

LfU (2005): Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen – Technische Fachinformation, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2005. Online unter: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

Lippok, J. und Korth, D. (2007): Abbrucharbeiten: Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung. 2. Auflage, Rudolf Müller, Deutscher Abbruchverband, Köln, 2007.

LUBW( 2007). Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Bearbeitung: A. Seemann, Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU), Universität Karlsruhe (TH), O. Rentz.): Kostenermittlung für Rückbau- und Abbrucharbeiten, aktualisiert vom Referat 35, LUBW, April 2007. Online unter: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>. Aufgerufen am: 29.10.2012.

Mattenklott, M.; Höfert, N. (2009): Stäube an Arbeitsplätzen und in der Umwelt – Vergleich der Begriffsbestimmungen. In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 69 (2009), Nr.4, S. 127-129.

Mettke, A. (Hrsg.); Heyn, S.; Asmus, S. et.al. (2008): Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf“, Teil 1: „Krangeführter Rückbau“, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 0339972), BTU Cottbus, Fachgruppe Bauliches Recycling, 01/2008.

NachwV (2012): Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung). Zuletzt geändert am 24.02.2012 (BGBl. I S. 212).

Rentz, O.; Seemann, A.; Schultmann, F. (2001): Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden: Handlungshilfe. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Mannheim, 2001.

Rötzel, A. (2009): Schadstoffe am Bau. Fraunhofer IRB Verlag, 2009.

Siemens (2012): Siemens Building Technologies – Gebäudeautomation. Online unter: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

Stadt Dortmund (Hrsg.) (2005): Dortmunder Gebäudetypologie: Neuaufgabe der Hausdatenblätter. Umweltamt. Online unter: <http://umweltamt.dortmund.de>. Abgerufen am 16.05.2012.

Stadt Essen (Hrsg.) (2007): Gebäudetypologie: Die energiegerechte Modernisierung von Wohngebäuden. Umweltamt, Beiträge zum Umweltschutz 26. Online unter: <http://media.essen.de>. Abgerufen am 18.05.2012.

Stadt Heidelberg (Hrsg.) (1996): Heidelberger Gebäudetypologie. Amt für Umweltschutz und Gesundheitsförderung. Online unter: <http://www.ifeu.de>. Abgerufen am 15.05.2012.

Stadt Wien (Hrsg.) (2004): RUMBA - Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung – Leitfaden, Projektleitstelle der Magistratsdirektion-Stadtbaudirektion der Stadt Wien, 2004.

StBG (2005): Mineralischer Staub. StBG A 1.7/ Stand: 11/2005, Steinbruchs-Berufsgenossenschaft, Online unter: [http://www.praxishandbuch-stbg.de/daten/pdf/a1/a1\\_7.pdf](http://www.praxishandbuch-stbg.de/daten/pdf/a1/a1_7.pdf). Abgerufen am 26.07.2012.

stmug (2012): Umwelt-Lexikon. Bayerischen Lebensministeriums. Online unter: <http://www.stmug.bayern.de/service/lexikon/>. Abgerufen am 17.12.2012.

TA Lärm (1998): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm), vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503).

TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), vom 24. Juli 2002.

TRGS 402 (2010): Technische Regeln für Gefahrstoffe - Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition. Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2010.

TRGS 517 (2009): Technische Regeln für Gefahrstoffe – Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Zubereitungen und Erzeugnissen (2007-01). Zuletzt geändert und ergänzt: GMBI. Nr. 28, 02.07.2009, S. 606–608, Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2007.

TRGS 519 (2007): Technische Regeln für Gefahrstoffe – Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten (2007-03). Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2007.

TRGS 521 (2008): Technische Regeln für Gefahrstoffe - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle (2008-02). Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2008.

TRGS 559 (2010): Technische Regeln für Gefahrstoffe – Mineralischer Staub (2010-02). Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2010.

TRGS 905 (2008): Technische Regeln für Gefahrstoffe – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe (2005-07). Zuletzt geändert und ergänzt: Mai 2008, Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Geschäftsführung: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2005.

TRLV Lärm (2010): Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (GMBI. Nr. 18-20 vom 23. März 2010, S. 359).

TRLV Vibrationen (2010): Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (GMBI. Nr. 14/15 vom 10. März 2010, S. 271).

UBA (Umweltbundesamt) (2012): Luft und Luftreinhaltung - Luftreinhaltelinien der Europäischen Gemeinschaft. Online unter: <http://www.umweltbundesamt.de/luft/reinhaltestrategie/luftreinhaltelinien.htm>. Geändert am 09.05.2012. Abgerufen am: 09.08.2012.

UBA (2011): Daten zur Umwelt – Lärm, Umweltbundesamt. Online unter : <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2271>. Abgerufen am: 14.06.2012.

USGBC (2012): Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), U.S. Green Building Council. Online unter: <http://www.usgbc.org/>. Aufgerufen am: 13.06.2012.

VDI/GvSs 6202 (2012): Sanierung schadstoffbelasteter Gebäude und Anlagen. Verein Deutscher Ingenieure, Gesamtverband Schadstoffsanierung. Juni, 2012.

VDI 2119 E (2011): Messen von Immissionen – Passive Probenahme mit einem Grobstaubsammler zur Charakterisierung von Einzelpartikeln und Berechnung der größenfraktionierten Massenkonzentration, Ausgabe Oktober 2011, Beuth-Verlag, Berlin.

Zwiener, G. (1997): Handbuch Gebäude-Schadstoffe für Architekten, Sachverständige und Behörden. Rudolf Müller, Köln, 1997.

## Anhang

### Anhang A: Glossar

**Abbruch:** Planvolle Teilung eines vorherigen Ganzen in zwei oder mehrere Teile bei Anwendung geeigneter Verfahren zum ganzen oder teilweisen Zerlegen von baulichen oder technischen Anlagen (vgl. VDI 6210 E). Der Rückbau ist eine Sonderform des Abbruchs (s. gesonderte Definition).

**Selektiver Abbruch:** Abbruch mit vorhergehender Beräumung unter Berücksichtigung von Forderungen zum sortenspezifischen Erfassen und Entsorgen des Abbruchmaterials (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Vollständiger Abbruch (Totalabbruch):** Restlose Beseitigung einer technischen oder baulichen Anlage, zumeist bis zur Gründungssohle (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Teilweiser Abbruch (Teilabbruch):** Beseitigung von vorbestimmten Anlagen- oder Bauwerksabschnitten oder deren Teilen mit Erhaltung der Standsicherheit verbleibender Teile, oftmals nach Herstellen eines Trennschlitzes (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Abbruchhöhe:** ab Oberkante Gelände oder Rampe gemessene Höhe des abzubrechenden Objektes, die in Abhängigkeit vom Abbruchgeschehen veränderbar ist (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Entkernung:** Beseitigung von am Abbruchobjekt befestigten oder eingebauten Anlagen und Gegenständen, die keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks oder der Anlage ausüben, z. B. Fenster, Öfen, Rohrleitungen und nicht tragende Wände (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Erschütterungen und Vibrationen:** Nach DIN 4150-1 (2001) sind Erschütterungen mechanische Schwingungen fester Körper mit potenziell schädigender oder belastender Wirkung. Erschütterungen breiten sich durch das Einleiten dynamischer Energie in den Boden und die Übertragung durch Bodenwellen aus. Immissionen auf die Umwelt können insbesondere in den Boden (Lithosphäre), auf Menschen und auf bauliche Anlagen (benachbarte Bauwerke, Rohrleitungen und Kabel) einwirken. Kurzzeitige Erschütterungen, wie etwa bei Sprengung oder beim Massenaufprall, haben eine geringe Auftrittshäufigkeit. Dauererschütterungen treten beispielsweise beim Fräsen und Stemmen auf (vgl. Lippok und Korth (2007)).

**Lärm:** Nach TA Lärm können Geräuschimmissionen abhängig von Art, Ausmaß oder Dauer, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeiführen (TA Lärm, 2.1). Diese Geräuschemissionen sind als Schalldruck beziehungsweise als Schalldruckpegel eines Geräusches und als Geräuschspektrum messbar (vgl. UBA (2011), TA Lärm (1998)).

Laut DIN 18007:2009-03 können insbesondere bei den folgenden Abbruchverfahren Lärmemissionen auftreten: Einschlagen, Stemmen, Sprengen, Vollbohren, Sägen (Wand und Boden), Schneiden (Brenn- und Hochdruckwasserschneiden) und Hochdruckwasserstrahlen. Die Abbruchverfahren Abgreifen, Eindrücken, Einziehen und Einreißen weisen nach DIN 18007:2009-03 keine relevanten Schallemissionen auf.

**Recycling:** Unter Zugrundelegung des KrWG (2012) ist Recycling "jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind".

**Rohbau:** Zum Rohbau zählen tragende Bauwerksteile, Brandwände, Schornsteine, notwendige Treppen und die Dachkonstruktion inkl. der damit verbundenen Erd-, Abdichtungs-, Dachdecker- und Klempnerarbeiten (vgl. LBO z. B. § 80 Abs.1 NBauO; § 3 Abs.2 BauGO und § 84 Abs. 1 BauO NRW)). Nach Fertigstellung wird der Rohbau durch die Baubehörde geprüft (Rohbauabnahme).

**Rückbau/Demontage:** Der Rückbau ist eine besondere Verfahrensweise des Abbruchs. Es handelt sich um den zerstörungsarmen Abbruch von Bauteilen bis hin zu vollständigen baulichen oder technischen Anlagen durch Lösen der Verbindungen und/oder Herstellen von Trennschlitzten und Abheben der Bauteile zum Schutz verbleibender Bauwerksteile und/oder mit dem Ziel der Wieder- oder Weiterverwendung der ausgebauten Bauteile (VDI 6210 E).

Demontage wird wie folgt definiert: „Die Bauteile werden durch Lösen der Verbindungen“ u./o. Herstellen von Trennschlitzten „voneinander getrennt und zerstörungsfrei ausgebaut“ (DIN 18007:2009-03). Das Verfahren kommt hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn Schadstofffreisetzungen zu verhindern oder zu vermindern sind oder technologisch bedingt Demontagen realisiert werden müssen, um die verbleibende Bausubstanz bei Teilrückbau nicht zu beschädigen. Die Sicherstellung von Bauteilen zur sekundären Nutzung wird derzeit meist nur flankierend betrachtet

**Schadstoffe:** sind neben Gefahrstoffen (GefStoffV) und biologischen Arbeitsstoffen (BiostoffV) auch Stoffe oder Stoffgemische (Reinstoff, Produkt, Erzeugnis, Rückstand, Reststoff, Abfall), die zu einer Gefährdung der Nutzer oder der am Abbruch Beteiligten führen können (vgl. VDI/GVSS 6202 (2012)) oder die bei Eintrag in Ökosysteme oder Aufnahme durch lebende Organismen oder an Sachgütern nachteilige Veränderungen hervorrufen können (z. B. korrosiv wirkende Stoffe) (vgl. Lippok und Korth (2007)).

Es wird zwischen primären, sekundären und nutzungsbedingten Belastungen unterschieden. Primäre Belastungen entstehen herstellungsbedingt durch gefährliche Stoffe in Bauprodukten, sekundäre Belastungen entstehen durch Verunreinigung von Bauprodukten durch Schadstoffe (vgl. VDI/GVSS 6202 (2012)). Nutzungsbedingte Belastungen sind Verunreinigungen der Bausubstanz, die durch den Umgang mit Gefahrstoffen oder Arbeitsmitteln in der Nutzungsphase des Gebäudes entstehen (vgl. VDI/GVSS 6202 (2012) und Lippok und Korth (2007)).

**Schutzgut:** Der Begriff Schutzgut umfasst alles, „was aufgrund seines ideellen oder materiellen Wertes vor einem Schaden bewahrt werden soll“ (BKK (2012)). Nach dem Bayerischen Lebensministerium (stmug (2012)) sind „Schutzgüter von der Rechtsordnung geschützte Güter des Einzelnen (z.B. Leben, Gesundheit, Eigentum) oder der Allgemeinheit (z.B. Reinheit der Gewässer)“. Im Rahmen dieses Projekts liegt der Fokus auf den beim Bauwerksabbruch relevanten Schutzgütern, wie den Arbeitnehmern und Anwohnern sowie den angrenzenden baurechtlichen Gebieten, Nachbarbauwerken. Für die jeweiligen Schutzgüter gelten unterschiedliche Schutzanforderungen hinsichtlich der Höhe von Lärm, Staub- und Erschütterungsimmissionen.

**Staub:** Staub ist eine Zerstreung fester Stoffe in der Luft durch mechanische Prozesse oder durch Aufwirbelungen. Man unterscheidet zwischen den folgenden Arten von Stäuben: organisch (z. B. Holzstaub), mineralisch (z. B. Steinstaub), metallisch (z. B. Aluminiumstaub). Staub (Feinstaub) ist nach § 3 Abs. 4 BImSchG, neben Rauch, Ruß, Gasen, Aerosolen, Dämpfen oder Geruchsstoffen, eine Form der Luftverunreinigungen. Luftverunreinigungen sind Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft und haben schädliche Einwirkungen auf die Umwelt, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen (vgl. § 3 Abs. 1 BImSchG). Im Rahmen des Forschungsprojekts liegt der Fokus auf Staub durch Abbruchaktivitäten als eine Form der Luftverunreinigung. Auf Abbruchbaustellen handelt es sich hauptsächlich um mineralischen Staub oder Mischstaub. Die Korngröße und die Staubinhaltsstoffe sind maßgeblich für die Gefährlichkeit eines

Staubes. Als gesundheitlich besonders gefährlich ist Quarzstaub zu bewerten, der aus Mischstaub mit einem Anteil an Quarzfeinstaub besteht (vgl. TRGS 559, Abschnitt 2.4).

**A-Staub oder PM<sub>4</sub>** (Korngröße  $\leq 4 \mu\text{m}$ ): Alveolengängige Fraktion. Im Arbeitsschutz wird die Bezeichnung A-Staub für den Massenanteil der einatembaren Partikel, der bis in die nicht cilierten Luftwege vordringen kann, verwendet. Diese Fraktion entspricht den im Umweltschutz mit PM<sub>4</sub> bezeichneten Partikeln, die einen aerodynamischen Durchmesser  $\leq 4 \mu\text{m}$  haben. Unter diese Fraktion fällt auch „Quarzfeinstaub“ (Mattenklott und Höfert (2009)).

**E-Staub** (Korngröße  $> 10 \mu\text{m}$ ): Einatembare Fraktion. Im Arbeitsschutz wird die Bezeichnung E-Staub für den Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Mund und Nase eingeatmet werden kann, verwendet. Die Schwebstoffe schlagen sich an den Schleimhäuten der oberen Atemwege nieder.

**Feinstaub:** Wurde im Arbeitsschutz früher für die jetzt mit A-Staub bezeichnete alveolengängige Fraktion verwendet (TRGS 900 bis 1993). Im Umweltschutz ist es kein definierter Begriff. Er wird hier jedoch im Zusammenhang mit PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> in Rahmen der Umsetzung der EU-Richtlinie 2008/50/EG durch das 22. BImSchV verwendet (Mattenklott und Höfert (2009)).

**PM<sub>2,5</sub>** (Korngröße  $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ): Alveolengängige Fraktion „Risikogruppe“. Im Umweltschutz entspricht die mit PM<sub>2,5</sub> bezeichnete Staubfraktion Partikel, die einen aerodynamischen Durchmesser  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  haben. Seit 2010 wurde im Umweltschutz für diese Fraktion, auch Feinstäube genannt, ein Grenzwert eingeführt (EU-Richtlinie 2008/50/EG und 39. BImSchV). Im Arbeitsschutz gibt es hierzu keine Definition und derzeit jedoch keinen Grenzwert (Vgl. Mattenklott und Höfert (2009), UBA, 2012).

**Thorakaler Staub oder PM<sub>10</sub>** (Korngröße  $\leq 10 \mu\text{m}$ ): Diese Staubgröße entspricht den im Umweltschutz mit PM<sub>10</sub> bezeichneten Partikeln, die einen aerodynamischen Durchmesser  $\leq 10 \mu\text{m}$  haben. Im Arbeitsschutz wird die Bezeichnung Thorakaler Staub für den Massenanteil der einatembaren Partikel, der über den Kehlkopf hinaus vordringen kann, verwendet. Hier gibt es im Arbeitsschutz derzeit jedoch keinen Grenzwert. Seit 2005 wurde im Umweltschutz für diese Fraktion ein Grenzwert eingeführt, der häufig auch als „Feinstaub-Grenzwert“ bezeichnet wird (EU-Richtlinie 2008/50/EG und 22. BImSchV) (Mattenklott und Höfert (2009)).

**Höherwertige Verwertung:** Ist hier in Anlehnung an das KrWG (2012) „jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen“.

**Vorbelastung:** Der Begriff der Vorbelastung wird beispielsweise in der TA Luft (2002) und TA Lärm (1998) definiert. Hier wird zwischen Vorbelastung, Zusatzbelastung und Gesamtbelastung differenziert. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts wird die Vorbelastung als die vorhandenen Lärm-, Staub- und Erschütterungsimmissionen definiert, die auf ein Schutzgut einwirken, ohne den Immissionsbeitrag der Abbruchaktivität. Die Lärm-, Staub- und Erschütterungsimmissionen, die durch die Abbruchaktivitäten hervorgerufen auf ein Schutzgut einwirken, werden als Zusatzbelastung bezeichnet. Und die Gesamtbelastung ist im Rahmen dieses Projekts die Lärm-, Staub- und Erschütterungsimmissionen, die insgesamt zu einem Zeitpunkt bzw. innerhalb einer bestimmten Zeitspanne auf ein Schutzgut einwirken.

**Wiederverwendung:** Ist hier in Anlehnung an das KrWG (2012) „jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren“.

## Anhang B: Arbeitspakete des Forschungsprojekts (Phase 1, 2 und 3)

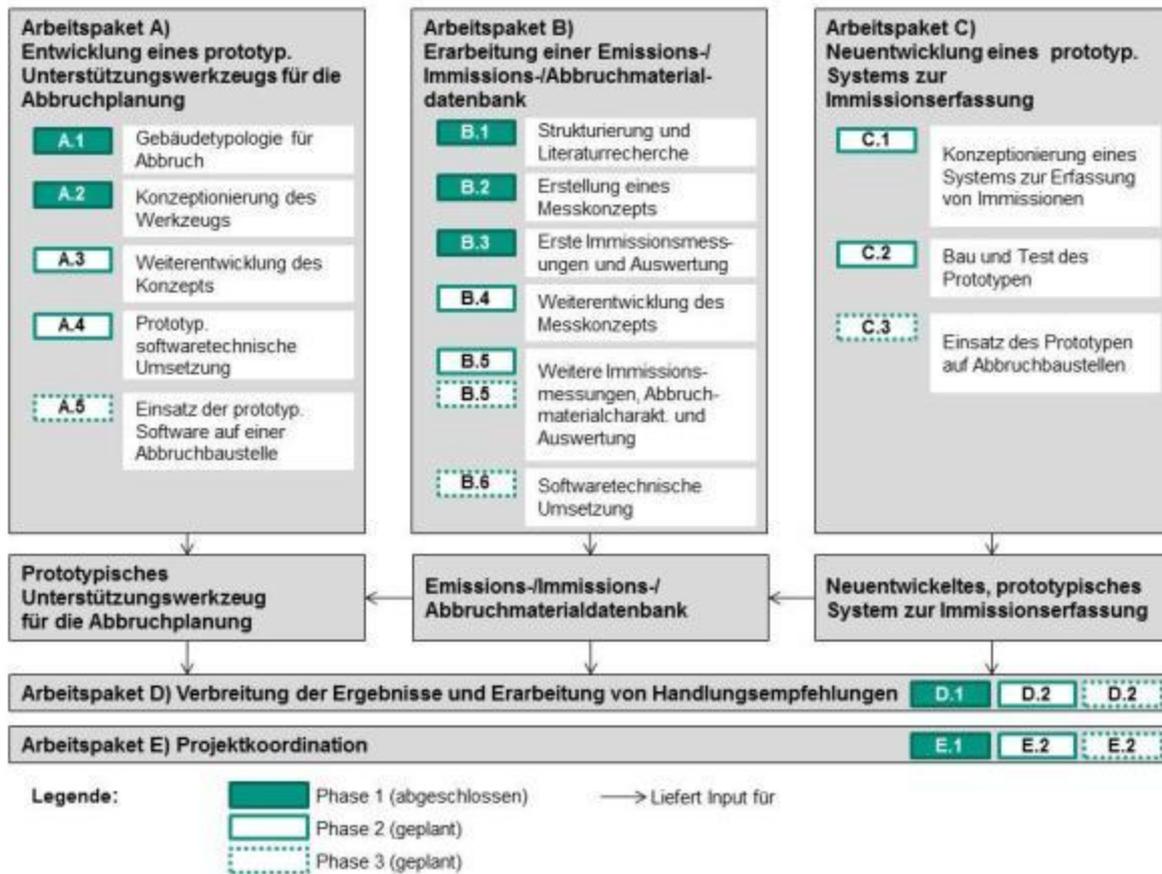


Abbildung B.1: Bearbeitete und geplante Arbeitspakete des Forschungsprojekts

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Arbeitspakete B.5 sowie D.2 und E.2 zum Teil in der 2. Phase und zum Teil in der 3. Phase bearbeitet werden. Inhaltlich ändert sich jedoch nichts an der Zielsetzung des Projekts.

Tabelle B.1: Bearbeitungsstand der Unterarbeitspakete der 1. Projektphase in Anlehnung an Abbildung B.1

	Unterarbeitspakete der 1. Projektphase	Stand der Arbeiten
A.1	Gebäudetypologie für Abbruch	Abgeschlossen
A.2	Konzeptionierung des Werkzeugs zur Planungsunterstützung	Abgeschlossen
B.1	Strukturierung und Literaturrecherche	Abgeschlossen
B.2	Erstellung eines Messkonzepts	Abgeschlossen
B.3	Erste Immissionsmessungen, Auswertung	Abgeschlossen
D.1	Ergebnisverbreitung	Abgeschlossen
E.1	Leitung des Projektes und Koordination der Projektpartner	Abgeschlossen

## Anhang C: Analyse von Messungen eines BTU- Forschungsprojekts<sup>49</sup>

**Lärmmessungen:** Lärmmessungen wurden an acht Standorten durchgeführt. Da die meisten Schallvorgänge nicht konstant, sondern in ihrer Intensität zeitlich variieren, wurden die Messdaten über die Zeit gemittelt (Leq). Die jeweiligen Messstellen wurden vor Ort operativ festgelegt in einer Entfernung von ca. 30 – 35 m und 50 m zu den Emissionsquellen. Eine Zuordnung der Lärmimmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen zur Integration in die Datentabelle findet sich in Tabelle D.1.

**Tabelle D.1: Zuordnung der gemessenen Lärmimmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen (vgl. Mettke, A. (Hrsg.) (2008))**

Bauteil	Material	Verfahren und Verfahren-Schutzmaßnahmen-Kombinationen	Lärmimmissionsmesswerte [dB(A)]
Platte	Stahlbeton	Abbruch mit Abbruchzange und -löffel	hoher Dauerschalldruckpegel: 74 dB(A) hoher Spitzenschalldruckpegel: 114 dB (A)
Platte	Stahlbeton	Abbruch mit Abbruchsche-re	hoher Dauerschalldruckpegel: 75 dB(A) hoher Spitzenschalldruckpegel: 116 dB(A)
Platte	Stahlbeton	Abbruch mit Abbruchhaken und -löffel	mittel bis hoher Dauerschalldruckpegel: 67 dB (A) mittel bis hoher Spitzenschalldruckpegel: 106 dB (A)
Platte	Stahlbeton	Abbruch mit Abbruchstiel	hoher Dauerschalldruckpegel: 73 dB (A) hoher Spitzenschalldruckpegel: 115 dB (A)
Platte	Stahlbeton	Rückbau mit handgeführtem Abbruchhammer und Betonsäge zur Vorzerkleinerung	mittlerer Dauerschalldruckpegel: 63 dB (A) mittlerer Spitzenschalldruckpegel: 94 dB (A)
Platte	Stahlbeton	Rückbau mit handgeführtem Abbruchhammer und Bagger zur Vorzerkleinerung	mittlerer Dauerschalldruckpegel: 64 dB (A) mittlerer Spitzenschalldruckpegel: 94 dB (A)
Platte	Stahlbeton	Abbruch-Rückbau-Kombi mit handgef. Abbruchhammer, Bagger mit Löffel und Bagger mit Abbruchzange zur Vorzerkleinerung	mittel bis hoher Dauerschalldruckpegel: 67 dB (A) mittel bis hoher Spitzenschalldruckpegel: 110 dB (A)
Platte	Stahlbeton mit Kamilit-schicht	Abbruch-Rückbau-Kombi mit handgef. Abbruchhammer, Bagger zum Freilegen der Kamilit-schicht und Bagger zur Vorzerkleinerung	hoher Dauerschalldruckpegel: 78 dB (A) hoher Spitzenschalldruckpegel: 116 dB (A)

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass

- die ermittelten Pegel für Dauer- und Spitzenschallereignisse im Vergleich zu den Auslöse- und Grenzwerten nach LärmVibrationsArbSchV die jeweiligen Tages-Lärmexpositionen- (LEX,8h) und Spitzen-Pegel (LC,peak) stets unterhalb des unteren Auslösewertes lagen (LEX,8h  $\geq$  80 dB, LC,peak  $\geq$  135 dB wurden unterschritten),

<sup>49</sup> Im Folgenden wird der in dem Forschungsbericht Mettke, A. (Hrsg.) (2008) verwendete, wertende Begriff „Umweltbelastung“ mit dem neutralen Begriff „Immission“ synonym verwendet; gleiches gilt für den wertenden Begriff „Lärm“ statt des Begriffs „Geräusch“.

- die Lärmbelastung bei Abbrüchen mit 72,3 bis 74,7 dB im Vergleich zum krangeführten Rückbau mit 62,5 und 65 dB um etwa 10 dB höher sind,
- die Lärmbelastungen bei der Verfahrenskombination Abbruch / Rückbau mit 67,5 und 78 dB im Bereich der gemessenen Immissionen beim Abbruch liegen,
- dass zwar die Richtwerte nach BImSchG für die Anwohner in Wohngebieten (50 dB(A)) bzw. Gebieten mit überwiegender Wohnbebauung (55 dB(A)) deutlich überschritten wurden, aber aufgrund der zeitlich begrenzten Abbruch- und Rückbauarbeiten kein krank machender Lärm erzeugt wurde (eine Schalldauerbelastung ist auszuschließen).

**Staubmessungen:** Staubmessungen erfolgten an vier verschiedenen Standorten bei Abbrucharbeiten von Stahlbetonmontagebauten (mit und ohne Putz). Während der Abbruchdurchführung wurde als Schutzmaßnahme zur Staubminderung die Wasserbenetzung mit C-Schlauch eingesetzt.

Die Auswahl der Messpunkte (MP) für die Staubimmissionen waren die Entfernungen zu den unmittelbaren/nächstgelegenen Anwohnern im jeweiligen Wohngebiet in Abhängigkeit von der Windrichtung (genauere Angaben fehlen).

Eine Zuordnung der Staubimmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen zur Integration in die Datentabelle findet sich in Tabelle D.2.

**Tabelle D.2: Zuordnung der gemessenen Staubimmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen (vgl. Mettke, A. (Hrsg.) (2008))**

Bauteil	Material	Verfahren und Verfahren-Schutzmaßnahmen-Kombinationen	Immission
Platte	Stahlbeton mit Außen- und Innenputz	Abbruch mit C-Schlauch	sehr hohe Gesamtstaubbelastung / einatembarer Staub (E-Staub): 13 mg/m <sup>3</sup> liegt über dem Arbeitsplatzgrenzwert von 10 mg/m <sup>3</sup> Luft (E-Staub) nach TRGS 900
Platte	Stahlbeton	Abbruch mit C-Schlauch	mittlere Gesamtstaubbelastung / einatembarer Staub (E-Staub): 5 mg/m <sup>3</sup>
Platte	Stahlbeton	krangeführter Rückbau mit C-Schlauch	sehr geringe Gesamtstaubbelastung / einatembarer Staub (E-Staub): 1 mg/m <sup>3</sup>
Platte	Stahlbeton	Stemmen mit Saugen	mittlere Gesamtstaubbelastung / einatembarer Staub (E-Staub): 4 mg/m <sup>3</sup> Feinstaub mit geringem Anteil lungen-gängigem Staub (A-Staub): 0,36 mg/m <sup>3</sup> und mit hohem Quarzgehalt: 9%
Platte	Stahlbeton	Trennschleifgerät	mittlere Gesamtstaubbelastung / einatembarer Staub (E-Staub): 4 mg/m <sup>3</sup> Feinstaub mit geringem Anteil lungen-gängigem Staub (A-Staub): 0,55 mg/m <sup>3</sup> und mit hohem Quarzgehalt: 13%

**Erschütterungsmessungen nach DIN 4150-2 und -3:** Die Erschütterungsmessungen umfassten die Erfassung der maximalen Schwinggeschwindigkeiten  $V_i$  an mehreren Messpunkten. Es wurden Erschütterungsereignisse während des Abbruchvorgangs, beim Abwurf von Wandelementen in ein bzw. ohne Trümmer-/Fallbett sowie bei Beladevorgängen der gebrochenen Betonmassen in Vorbereitung des Abtransports gemessen.

Eine Zuordnung der Erschütterungsmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen zur Integration in die Datentabelle findet sich in Tabelle D.3.

**Tabelle D.3: Zuordnung der gemessenen Erschütterungsimmissionen zu Bauwerkseigenschaften-Abbruchverfahren-Kombinationen (vgl. Mettke, A. (Hrsg.) (2008))**

<b>Bauteil</b>	<b>Material</b>	<b>Verfahren und Verfahren-Schutzmaßnahmen-Kombinationen</b>	<b>Immission</b>
Platte	Stahlbeton	Abwurf ohne Fallbett (aus ca. 17 m Höhe)	geringe Erschütterungen: 2,1 mm/s
Platte	Stahlbeton	Abwurf ohne Fallbett (aus ca. 12 m Höhe)	geringe Erschütterungen: 1,1 mm/s
Platte	Stahlbeton	Abwurf mit Fallbett (aus ca. 12 m Höhe)	geringe Erschütterungen: 0,3 - 0,9 mm/s
Platte	Stahlbeton	Beladen	keine bis geringe Erschütterungen: 0 - 0,5 mm/s

Der Abwurf von Wandelementen weist in Abhängigkeit der Fallhöhe stärkere Erschütterungsereignisse auf.

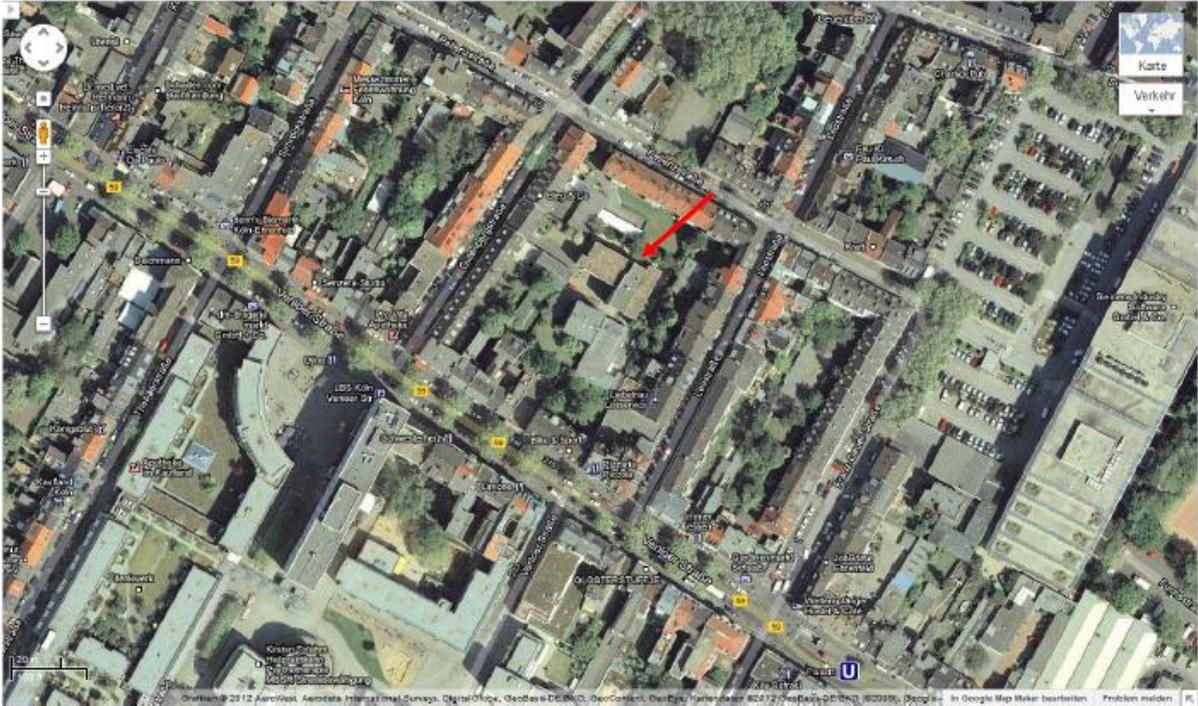
Mögliche Schutzmaßnahme beim Abwurf: Durch ein entsprechend dimensioniertes „Trümmer-/Fallbett“ lassen sich die Erschütterungen deutlich „dämpfen“.

Die maximale Schwinggeschwindigkeit  $v_i = 5 \text{ mm/s}$  wurde in allen untersuchten Fällen unterschritten. Es konnten keine schädigenden Schwinggeschwindigkeiten an benachbarten Gebäuden nachgewiesen werden.

# Anhang D: Messungen in Köln am 1. Messtag

## Anhang D.1 Luftbild zur Lage der Abbruchbaustelle des 1. Messtages

Luftbild Gutenbergstraße 12 a in Köln



## Anhang D.2 Messablauf des 1. Messtages

#	Vorgang Bezeichnung	Dauer Std	Anmerkung	Messtag															
				Uhrzeit	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	
1	Eintreffen der beteiligten Personen auf der Baustelle																		
2	Baustellenbegehung	0,5	Eventuell auch am Abend des Vortages																
3	Stillstand der sonstigen Abbruchtätigkeiten/Tätigkeiten auf der Baustelle		Ab 1/2 Stunde bevor Messungen durchgeführt werden und bis Messungen beendet sind --> ca. 4,5 Std																
4	Einrichtung der Messvorrichtungen und -geräte	1	Früherer Beginn möglich																
5	Beginn der Messungen																		
6	1. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Decke</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material x</b> ) mit <b>Abbruchgerät a</b>	0,5																	
7	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 2. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Decke</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material x</b> ) mit <b>Abbruchgerät a</b>	0,5																	
8	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 1. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Decke</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material x</b> ) mit <b>Abbruchgerät b</b>	0,5																	
9	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 2. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Decke</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material x</b> ) mit <b>Abbruchgerät b</b>	0,5																	
10	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 1. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Wand</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material y</b> ) mit <b>Abbruchgerät c</b>	0,5																	
11	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 2. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Wand</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material y</b> ) mit <b>Abbruchgerät c</b>	0,5																	
12	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 1. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Wand</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material y</b> ) mit <b>Abbruchgerät d</b>	0,5																	
13	Anpassung der Messgeräteeinrichtungen und 2. durchgängige Messungen von Lärm, Staub und Erschütterungen während dem gesamten Abbruch einer <b>Wand</b> (ca. 20 m <sup>2</sup> , <b>Material y</b> ) mit <b>Abbruchgerät d</b>	0,5																	
14	Ende der Messungen																		
15	Wiederaufnahme der sonstigen Abbruchtätigkeiten/Tätigkeiten auf der Baustelle		Nach Abschluss der letzten Messungen																
Anmerkung	Die angegebenen Uhrzeiten beziehen sich jeweils auf die linke Linie																		

## Anhang D.3 Messprotokoll des 1. Messtages

### Messungen für das Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Gutenbergstraße 12 A in Köln

#### 1) Allgemeine Angaben

Abbruchgerät: Kettenbagger, CAT 319 D  
 Anbaugeräte: Hammer (Montabert BRV 32), Schere (Demarec MQP 30), Sortiergreifer (Demarec DRG 28), Pulverisierer

#### 2) Messprotokoll

Zeit	Schall Messstelle 1		Schall Messstelle 2		Vibration	KBFmax	Anbaugerät	Bemerkungen / Bauteil
	Datel	LF (TM5) [dB]	Datel	LF (TM5) [dB]				
8:00								Aufstellen des Lärmessgerätes Nr. 1
8:05								
8:10								Kalibrierung des Lärmessgerätes Nr. 1
8:15								
8:20								
8:25								
8:30								Aufstellung des Erschütterungsmessgerät
8:35								
8:40	Dat 04	59,9						Nulmessung
8:45								
8:50								
8:55	Dat 05	65,6						
9:00								BT Wandscheibe 2. OG (Stb)
9:05								
9:10								
9:15	Dat 06	84,2	Dat 03	86,3	Vib 01 Hammer	J.	Hammer	1. Testlauf Erschütterungen 09:12 Wandsturz ? (Vib 01.033)
9:20								
9:25			Dat 04	56,0				Umbau Anbaugerät
9:30	Dat 07	79,9						BT Wandscheibe auf dem Baugrund
9:35								
9:40			Dat 05	83,0	Vib 02 Hammer	0,2474		
9:45			Dat 06	73,9				
9:50								
9:55								
10:00	Dat 08	72,0			Vib 03 Schere	0,20438	Schere	BT Decke über 2. OG (Stb)
10:05								
10:10								
10:15	Dat 09	74,7	Dat 07	76,8				
10:20								
10:25	Dat 10	66,5	Dat 08	72,3				
10:30								
10:35	Dat 11	76,1						
10:40	Dat 12	73,8	Dat 09	86,5	Vib 04 Schere	0,24581		BT Decke über 1. OG (Stb)
10:45								
10:50	Dat 13	75,5	Dat 10	66,8				BT Wand 1. OG (Stb)
10:55	Dat 14	61,0	Dat 11	73,6				
11:00	Dat 15	70,5						BT Wand 2. OG (Mauerwerk)
11:05								
11:10	Dat 16	65,1			Vib 05 Schere	0,12614		
11:15								
11:20	Dat 17	69,9						Umbau Anbaugerät
11:25								
11:30	Dat 18	70,5	Dat 14	78,8			Sortiergreifer	BT Wand 1. OG (Mauerwerk)
11:35								
11:40	Dat 19	68,5	Dat 15	70,2				
11:45								
11:50								
11:55								
12:00								

Niederschlagsereignis

## Messungen für das Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Gutenbergstraße 12 A in Köln

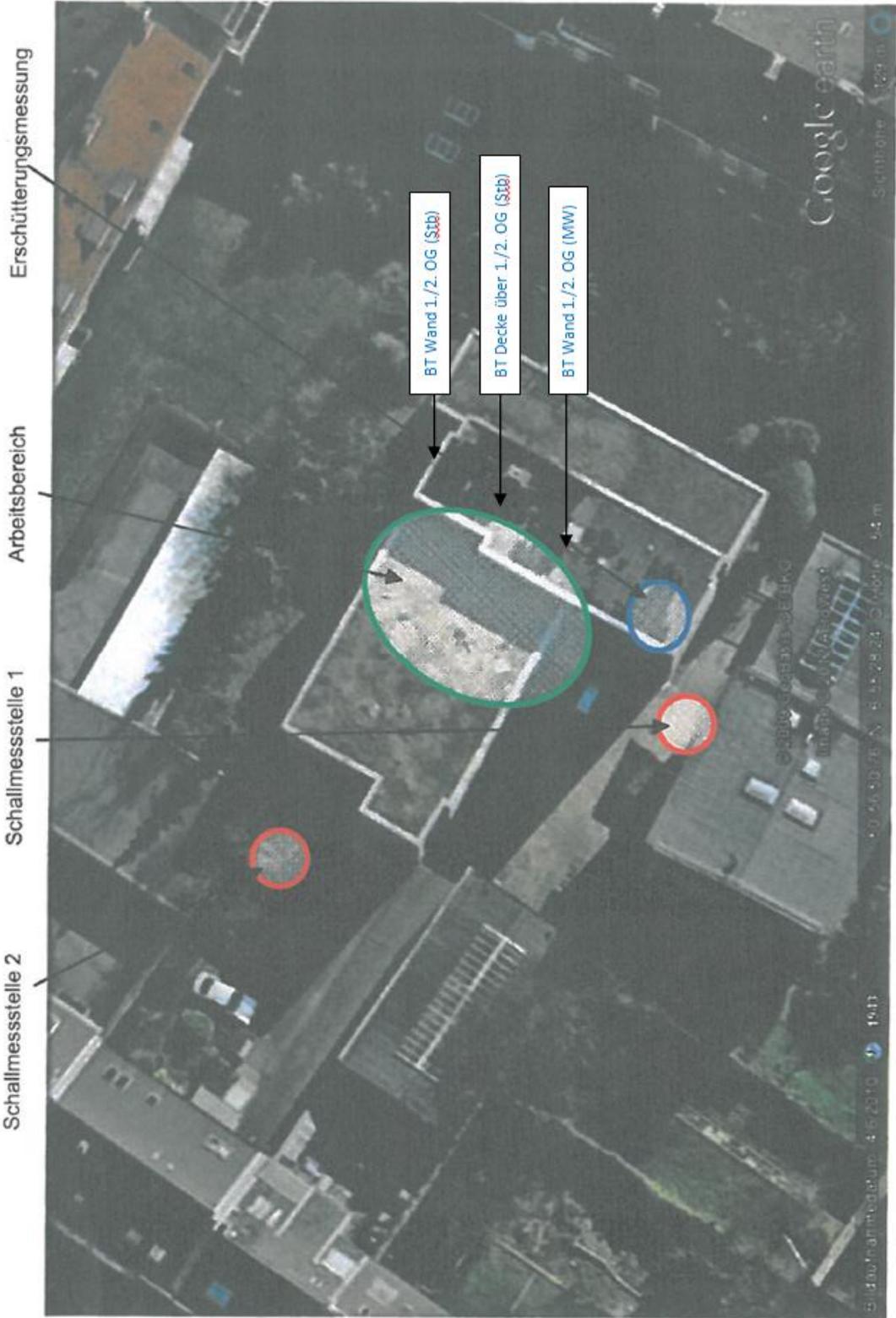
### 1) Allgemeine Angaben

Abbruchgerät: Kettenbagger, CAT 319 D  
 Anbaugeräte: Hammer (Montabert BRV 32), Schere (Demarec MQP 30), Sortiergreifer (Demarec DRG 28), Pulversierer

### 2) Messprotokoll

Zeit	Schall Messstelle 1 Datei	LF (TM5) [dB]		Schall Messstelle 2 Datei	LF (TM5) [dB]		Vibration KBFmax	Anbaugerät	Bemerkungen / Bauteil	Sonstiges
12:05	Dat 20	64,6	Ruhezeit	Dat 17	66,6	Ruhezeit	Vib 06 Sortiergreifer	0,19959		
12:10										
12:15										
12:20										
12:25										
12:30										
12:35	Dat 21	75,5		Dat 18	75,7				BT Wand 1. OG (Mauerwerk)	
12:40										
12:45										
12:50	Dat 22	68,4		Dat 19	79,9		Vib 07 Hammer	.	Hammer	Umbau Anbaugerät
12:55										
13:00	Dat 25	64,5		Dat 20	69,7					Umbau Anbaugerät
13:05										
13:10										
13:15										
13:20	Dat 26	76,0		Dat 21	76,9		Vib 08 Schere	0,27624	Schere	BT Decke über 2. OG (Stb)
13:25										
13:30	Dat 27	67,9		Dat 22	72,0					Umbau Anbaugerät
13:35										
13:40										
13:45	Dat 28	72,8		Dat 23	75,6		Vib 09 Pulversierer	0,11816	Pulversierer	Bauschutt (Stb und Mauerwerk) auf Baugrund
13:50										
13:55	Dat 29	64,5		Dat 24	67,6					
14:00										
14:05										
14:10										
14:15										
14:20										
14:25										
14:30										

Anhang D.4 Luftbild des Abbruchobjekts des 1. Messtages

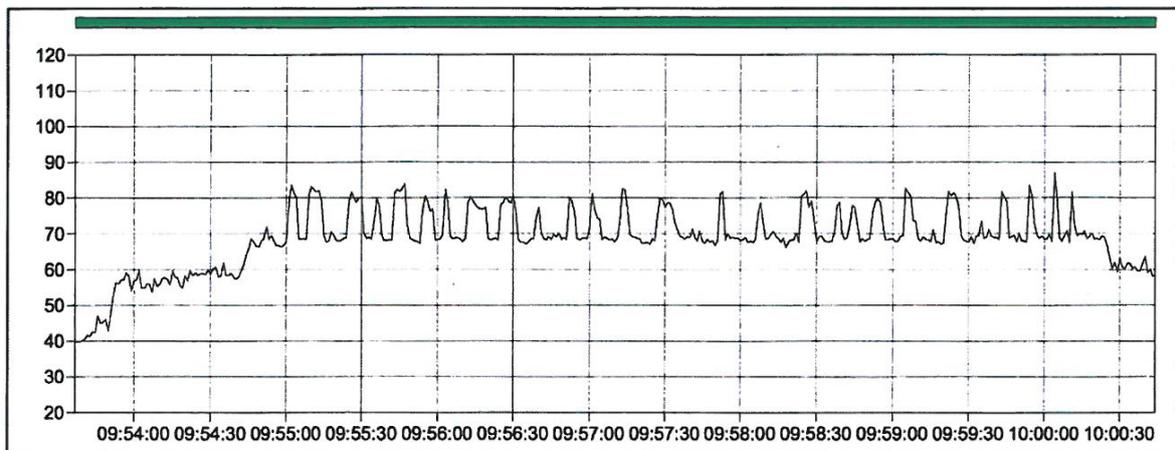


Anhang D.5 Schallmessung des 1. Messtages

<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Gutenbergstraße 12 A, Köln</b>
<b>Bauherr:</b>	<b>J.</b>
<b>Schallmessung:</b>	<b>Schallemissionen bei Rückbaumaßnahmen</b>

<b>Wochentag und Datum:</b>	<b>Mittwoch 20.06.2012</b>
<b>Zeitraum:</b>	<b>09:54 – 10:00</b>
<b>Meßdauer</b>	<b>6 Minuten</b>
<b>Mikrophonstandort:</b>	<b>Standort 1</b>
<b>Gerätetyp</b>	<b>Norconic 140 mit Mikrophonsystem 1225</b>
<b>Tonaufzeichnung</b>	<b>Ja</b>
<b>Wetter</b>	<b>Regen</b>
<b>Besonderheiten:</b>	<b>Stemmhammer, Bedüsung mit Schlauch</b>
<b>Ursprungsdatei:</b>	<b>NOR140_FILE_120620_0007</b>
<b>Bearbeiter:</b>	

*Pegelverlauf*



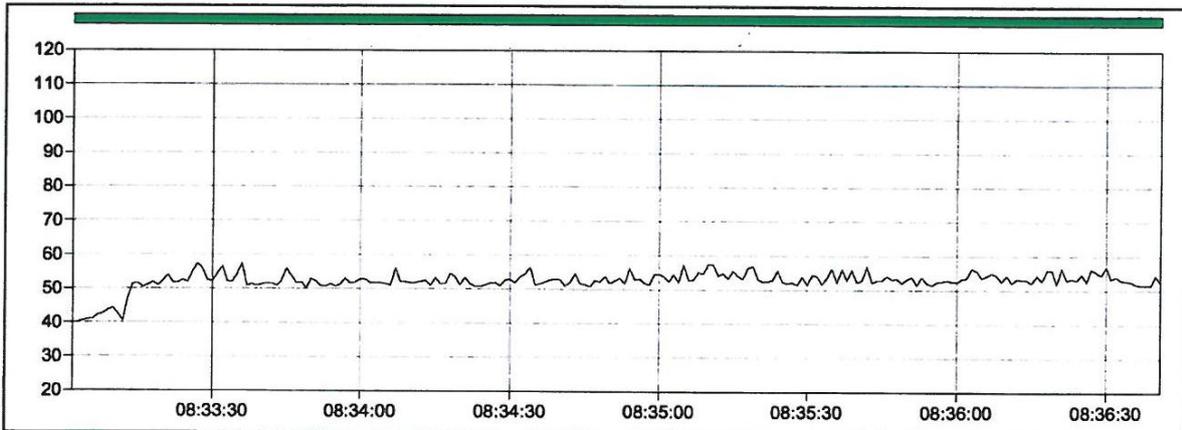
*Kennwerte*

	<b>Leq (dB)</b>	<b>LF(max) (dB)</b>	<b>LF(min) (dB)</b>	<b>LE (dB)</b>	<b>Lpeak (dB)</b>	<b>LF(TM5) (dB)</b>
<b>A</b>	74,5 dB	90,1 dB	39,3 dB	100,8 dB	104,5 dB	79,9 dB

<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Gutenbergstraße 12 A, Köln</b>
<b>Bauherr:</b>	<b>./.</b>
<b>Schallmessung:</b>	<b>Schallemissionen bei Rückbaumaßnahmen</b>

<b>Wochentag und Datum:</b>	<b>Mittwoch 20.06.2012</b>
<b>Zeitraum:</b>	<b>08:32 – 08:37</b>
<b>Meßdauer</b>	<b>5 Minuten</b>
<b>Mikrophonstandort:</b>	<b>Standort 1</b>
<b>Gerätetyp</b>	<b>Norconic 140 mit Mikrophonsystem 1225</b>
<b>Tonaufzeichnung</b>	<b>Ja</b>
<b>Wetter</b>	<b>Regen</b>
<b>Besonderheiten:</b>	<b>Kein Baubetrieb</b>
<b>Ursprungsdatei:</b>	<b>NOR140_FILE_120620_0004</b>
<b>Bearbeiter:</b>	

### *Pegelverlauf*



### *Kennwerte*

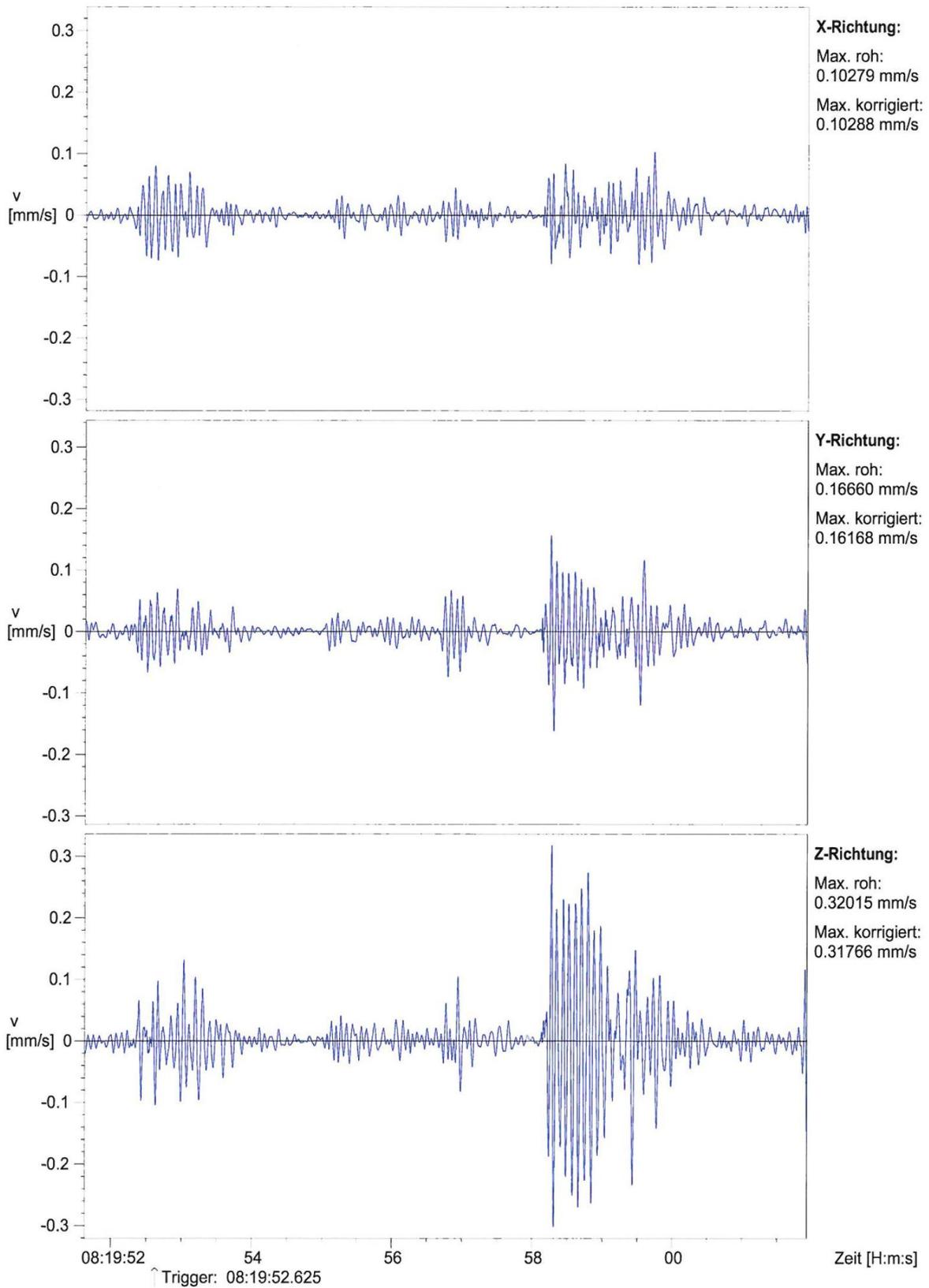
	Leq (dB)	LF(max) (dB)	LF(min) (dB)	LE (dB)	Lpeak (dB)	LF(TM5) (dB)
A	53,1 dB	64,3 dB	39,3 dB	76,6 dB	94,8 dB	59,9 dB

# Anhang D.6 Erschütterungsmessung des 1. Messtages

Station: MR2002  
Gerätestatus: OK

Datum: 20.06.2012  
Zeitverläufe des Ereignisses

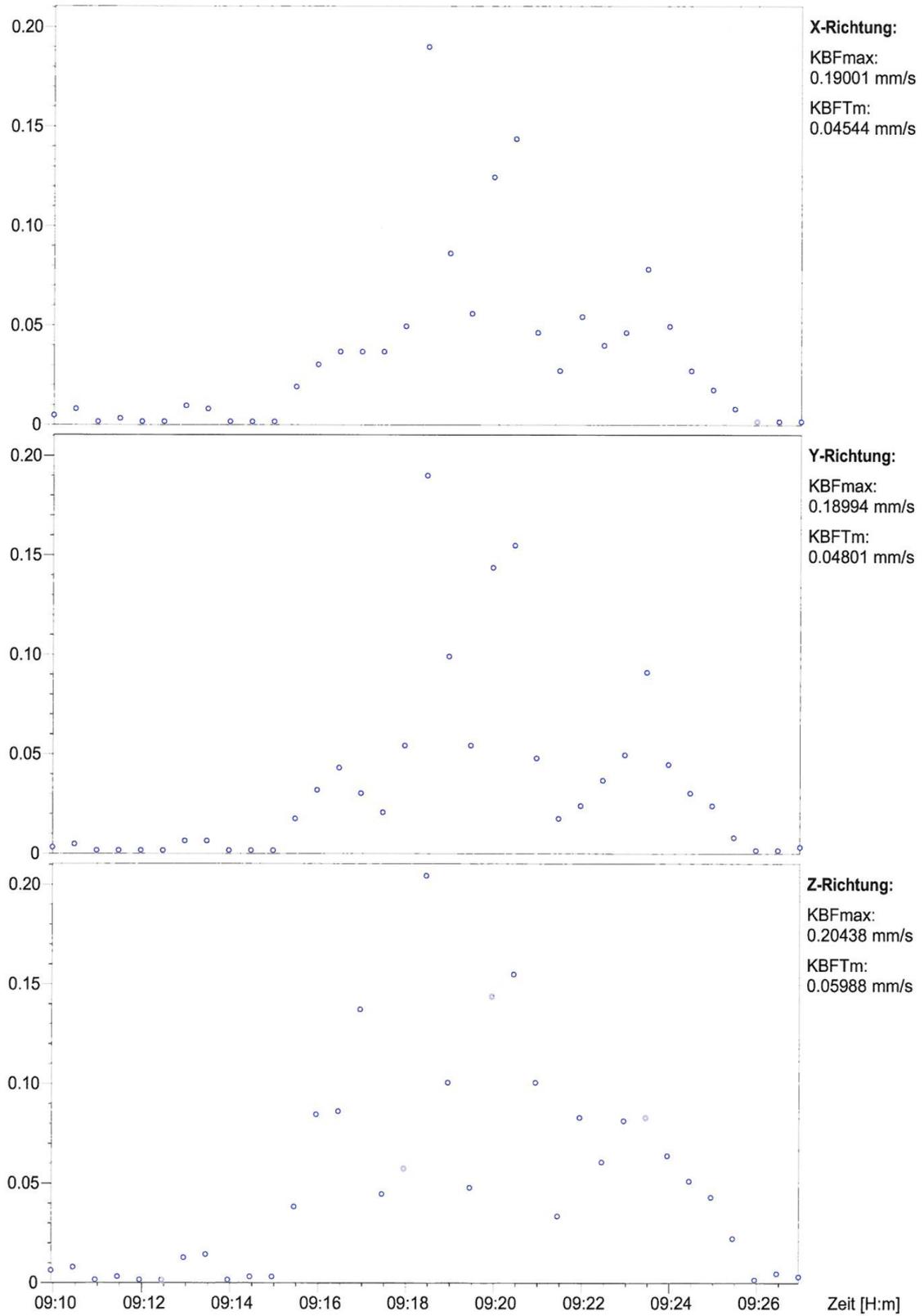
Ganzer Zeitverlauf: ja  
Offset korrigiert: ja



Station: MR2002  
Gerätestatus: OK

Datum: 20.06.2012  
KB File

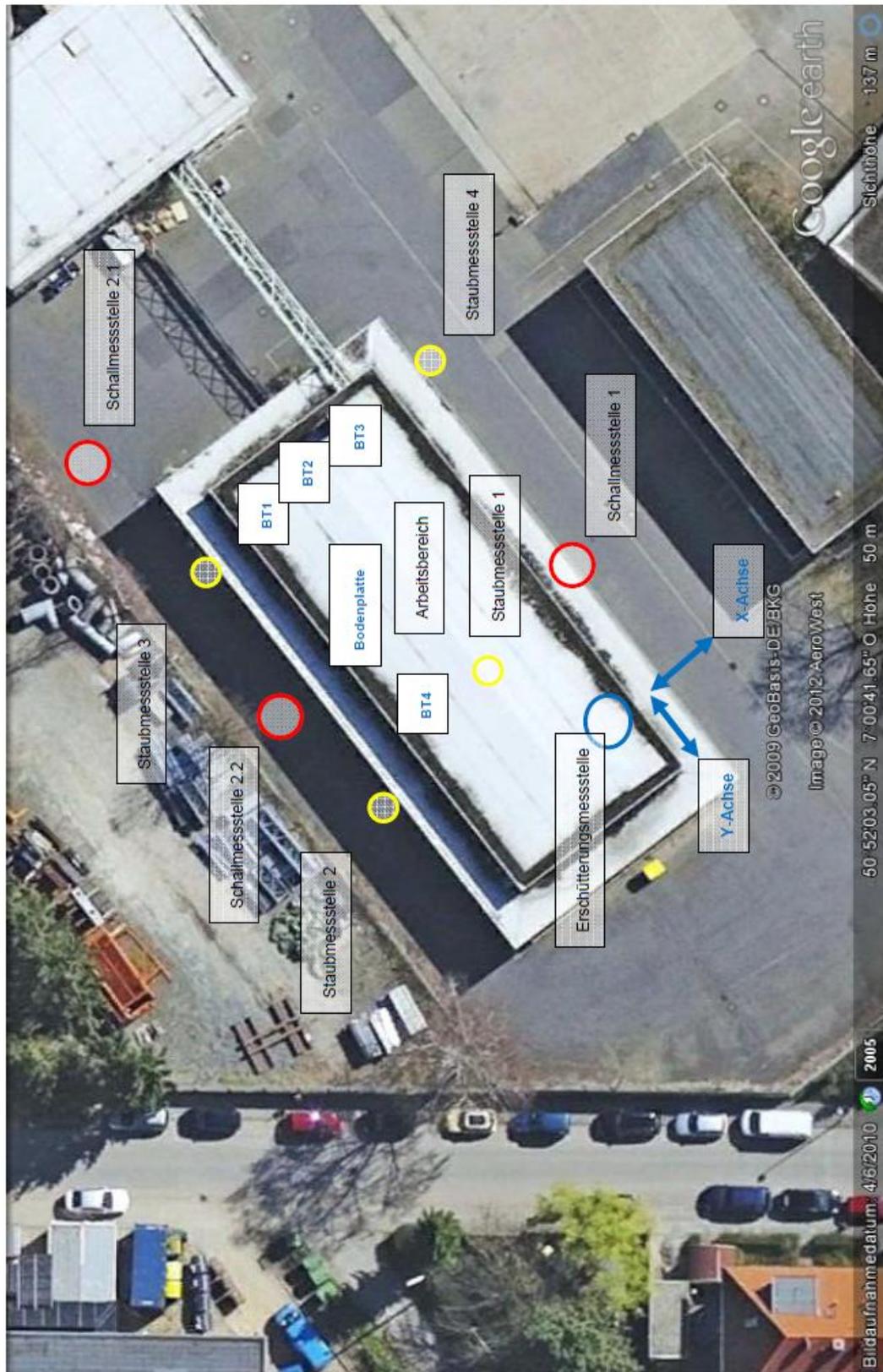
Ganzer Zeitverlauf: ja  
Offset korrigiert: nein



## Anhang E: Messungen in Köln am 2. Messtag

### Anhang E.1 Luftbild zur Lage der Abbruchbaustelle des 2. Messtages

Luftbild Grüner Weg in Köln-Sürth





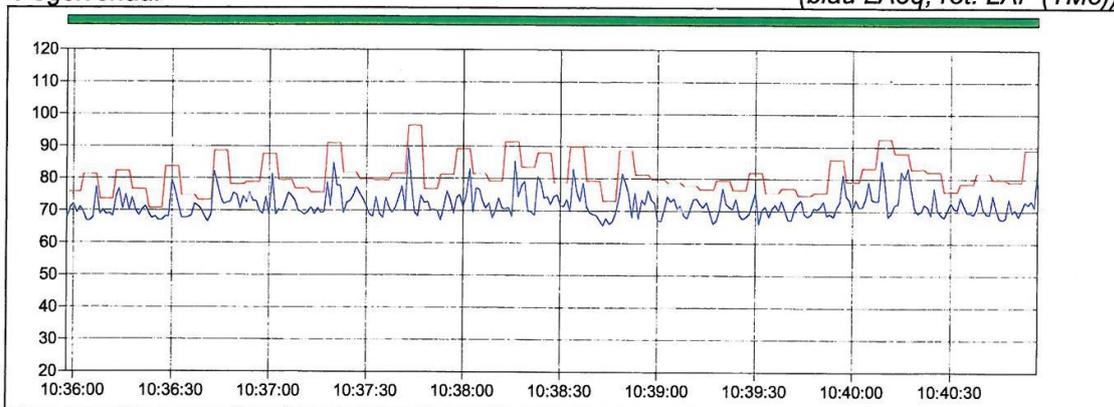
Anhang E.3 Schallmessung des 2. Messtages

<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Grüner Weg, Köln-Sürth</b>
<b>Bauherr:</b>	<i>J.</i>
<b>Schallmessung:</b>	<b>Schallemissionen bei Rückbaumaßnahmen</b>

<b>Wochentag und Datum:</b>	Donnerstag 11.10.2012
<b>Zeitraum:</b>	10:36– 10:41
<b>Meßdauer</b>	5 Minuten
<b>Mikrophonstandort:</b>	Standort 1
<b>Gerätetyp</b>	Norconic 140 mit Mikrophonsystem 1225
<b>Tonaufzeichnung</b>	Ja
<b>Wetter</b>	Trocken, sonnig, +10 °C, 0 – 1 Bft aus Ost
<b>Besonderheiten:</b>	Rückbau Bauteil 1 mit Zange
<b>Ursprungsdatei:</b>	NOR140_FILE_121011_0012
<b>Bearbeiter:</b>	

*Pegelverlauf*

*(blau LAeq, rot: LAF (TM5))*



*Kennwerte*

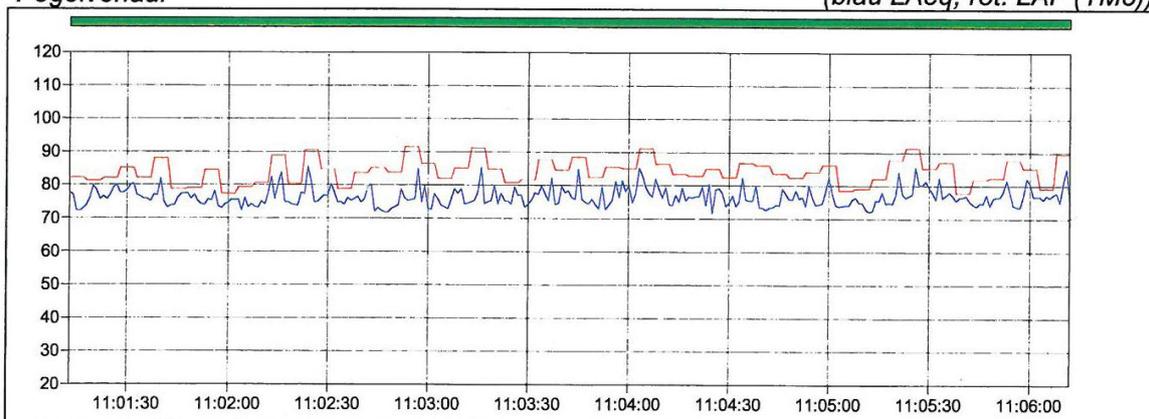
	Leq (dB)	LF(max) (dB)	LF(min) (dB)	LE (dB)	Lpeak (dB)	LF(TM5) (dB)
A	74,6 dB	96,4 dB	64,8 dB	99,4 dB	113,1 dB	85,0 dB

<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Forschungsprojekt DBU, Baustelle: Grüner Weg, Köln-Sürth</b>
<b>Bauherr:</b>	<b>J.</b>
<b>Schallmessung:</b>	<b>Schallemissionen bei Rückbaumaßnahmen</b>

Wochentag und Datum:	Donnerstag 11.10.2012
Zeitraum:	11:01 – 11:06
Meßdauer	5 Minuten
Mikrophonstandort:	Standort 1
Gerätetyp	Norconic 140 mit Mikrophonsystem 1225
Tonaufzeichnung	Ja
Wetter	Trocken, sonnig, +10 °C, 0 – 1 Bft aus Ost
Besonderheiten:	Rückbau Bauteil 2 mit Zange
Ursprungsdatei:	NOR140_FILE_121011_0017
Bearbeiter:	

**Pegelverlauf**

(blau LAeq, rot: LAF (TM5))

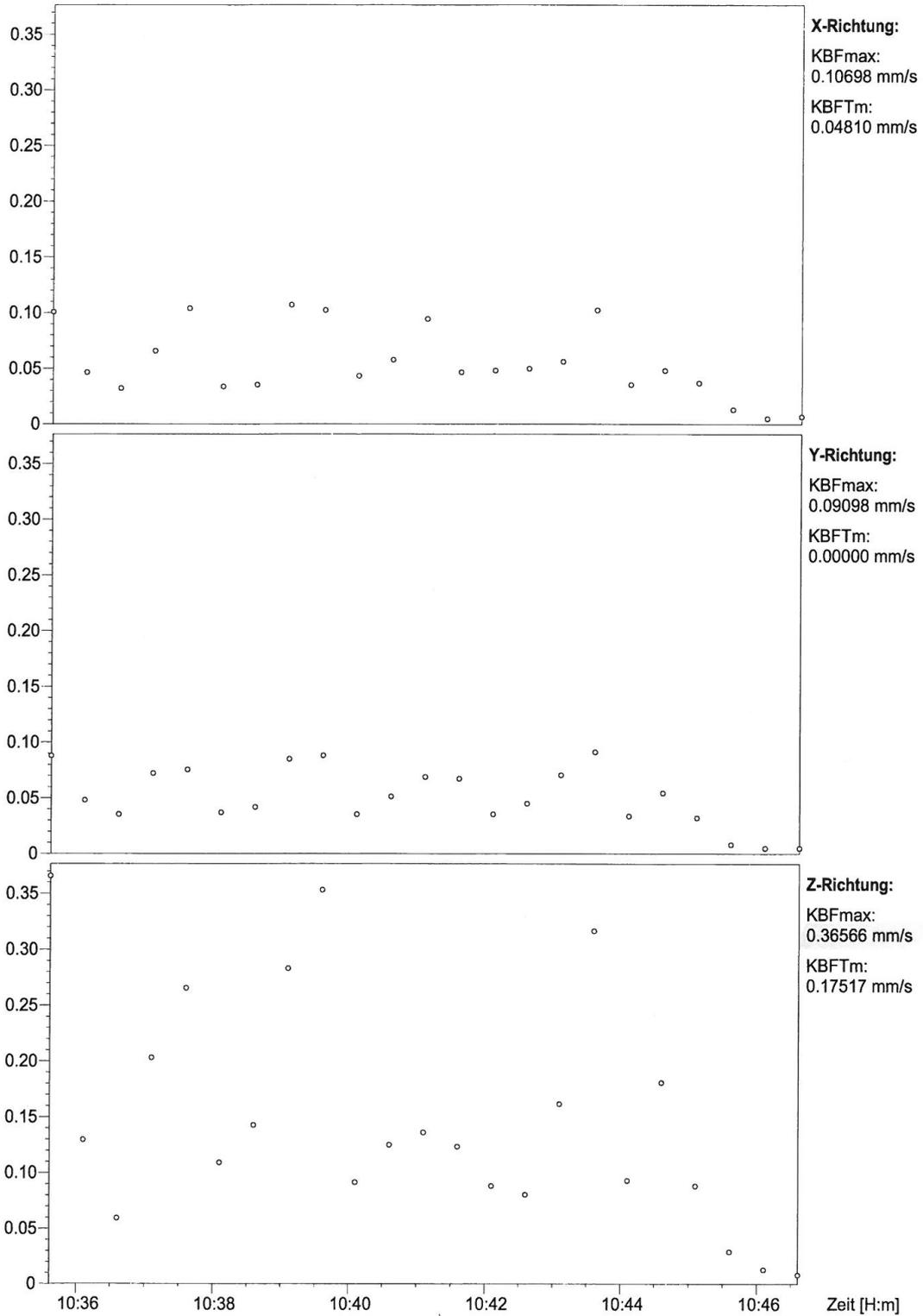


**Kennwerte**

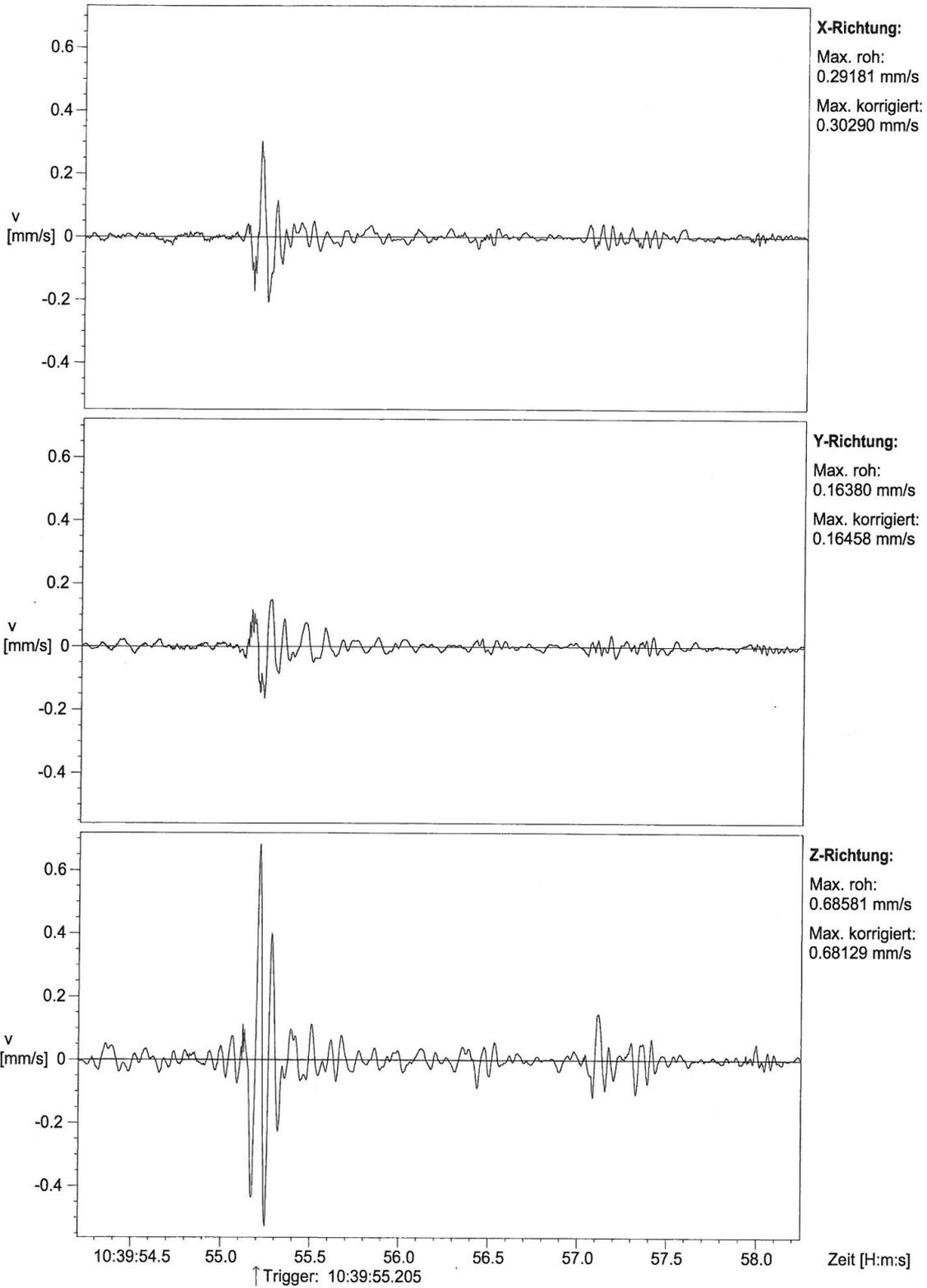
	Leq (dB)	LF(max) (dB)	LF(min) (dB)	LE (dB)	Lpeak (dB)	LF(TM5) (dB)
A	77,5 dB	91,4 dB	70,9 dB	102,3 dB	108,5 dB	85,6 dB

# Anhang E.4 Erschütterungsmessung des 2. Messtages

Datei: Projekt\Geo\_12\_1040-ForschungsvorhatEAWLight4.4.2 Auswertungsdatum: 15.10.2012 12:28schütterung  
 Station: MR2002 Datum: 11.10.2012 Ganzer Zeitverlauf: ja  
 Gerätestatus: OK KB File Offset korrigiert: nein



Datei: Projekt\Geo\_12\_1040-ForschungsvorhatEAWLight4.4.2 Auswertungsdatum: 15.10.2012 12:40schütterung'  
Station: MR2002 Datum: 11.10.2012 Ganzer Zeitverlauf: ja  
Gerätestatus: OK Zeitverläufe des Ereignisses Offset korrigiert: ja



Anhang E.5 Staubmessung des 2. Messtages

<b>DBU Forschungsvorhaben, hier Baustelle Grüner Weg in Köln-Sürth</b>						
<b>Staubmessung mittels Bergerhoffgefäßen gemäß VDI-Vorschrift 2119</b>						
Eingerichtet am 11.10.2012						
Höhe OK. Gelände 1,5 m						
Gefäßöffnungsdurchmesser 11,0 cm						
Gefäßfläche 95 cm <sup>2</sup>						
	Beginn [Uhr]	Ende [Uhr]	Meßdauer [Minuten]	Staubmasse [g]		Staubmasse [mg/m <sup>2</sup> d]
<b>Meßstelle 1</b>						
1. Messung	10:35	10:47	12	0,0003		3.789
2. Messung	10:53	11:10	17	0,0001		892
3. Messung	11:37	11:55	18	0,0000		0
4. Messung	12:03	12:20	17	0,0004		3.567
5. Messung	12:27	12:35	8	0,0003		5.684
<b>Meßstelle 2</b>						
1. Messung	10:35	10:47	12	0,0002		2.526
2. Messung	10:53	11:10	17	0,0001		892
3. Messung	11:37	11:55	18	0,0000		0
4. Messung	12:03	12:20	17	0,0021		18.724
5. Messung	12:27	12:35	8	0,0004		7.579
<b>Meßstelle 3</b>						
1. Messung	10:35	10:47	12	0,0355		448.421
2. Messung	10:53	11:10	17	0,0025		22.291
3. Messung	11:37	11:55	18	0,0006		5.053
4. Messung	12:03	12:20	17	0,0000		0
5. Messung	12:27	12:35	8	0,0007		13.263
<b>Meßstelle 4</b>						
1. Messung	10:35	10:47	12	0,0049		61.895
2. Messung	10:53	11:10	17	0,0001		892
3. Messung	11:37	11:55	18	0,0002		1.684
4. Messung	12:03	12:20	17	0,0005		4.458
5. Messung	12:27	12:35	8	0,0003		5.684
Die visuelle Prüfung ergab Betonbruchniederschlag bis max. 1 mm Partikelgröße						

## Anhang F: 2. Messkonzept (Vorarbeit für Phase 2 und 3)

Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik

Fachgruppe Bauliches Recycling  
PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke



27.07.2012

### Messkonzeption PHASE 2 und 3 (Entwurfsvorschlag)

Nachfolgend werden Messkonzeptionen zum schrittweisen / methodischen Vorgehen bei Messungen von Staub, Lärm sowie Erschütterungen vorgeschlagen.

Zu unterscheiden sind grundsätzlich:

#### Emissionen

Gemäß BImSchG sind „Emissionen, die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Strahlen und ähnliche Erscheinungen“. Sinngemäß bedeutet dies den Vorgang der Abstrahlung von z. B. Schallwellen von einer Quelle (z. B. Maschine) und ihres Eintretens in die Umwelt.<sup>50</sup>

#### Immissionen

Im Sinne des BImSchG sind „Immissionen auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme und ähnliche Umwelteinwirkungen“. Überschreiten Immissionen ein gewisses Ausmaß, handelt es sich um schädliche Umwelteinwirkungen.“<sup>51</sup>

In Abb. 1 wird die grundsätzliche Herangehensweise dargestellt. Wichtig ist, dass der Fokus der Untersuchungen auf den Immissionen liegt.

---

<sup>50</sup> vgl. Städtebauliche Lärmfibel, Hinweise für die Bauleitplanung, Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, 2011, S. 13.

<sup>51</sup> vgl. Städtebauliche Lärmfibel, Hinweise für die Bauleitplanung, Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, 2011, S. 13.

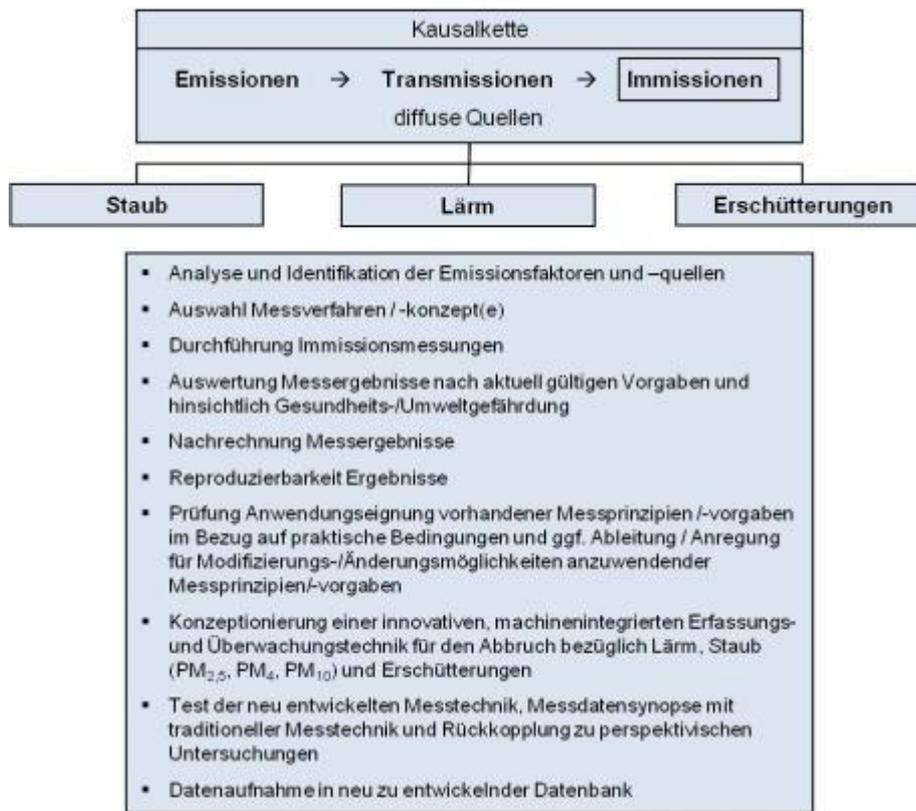


Abb. 1: Gliederung der Messungen

## 1. Messkonzeption zu Staubmessungen

### 1.1 Messkonzeption

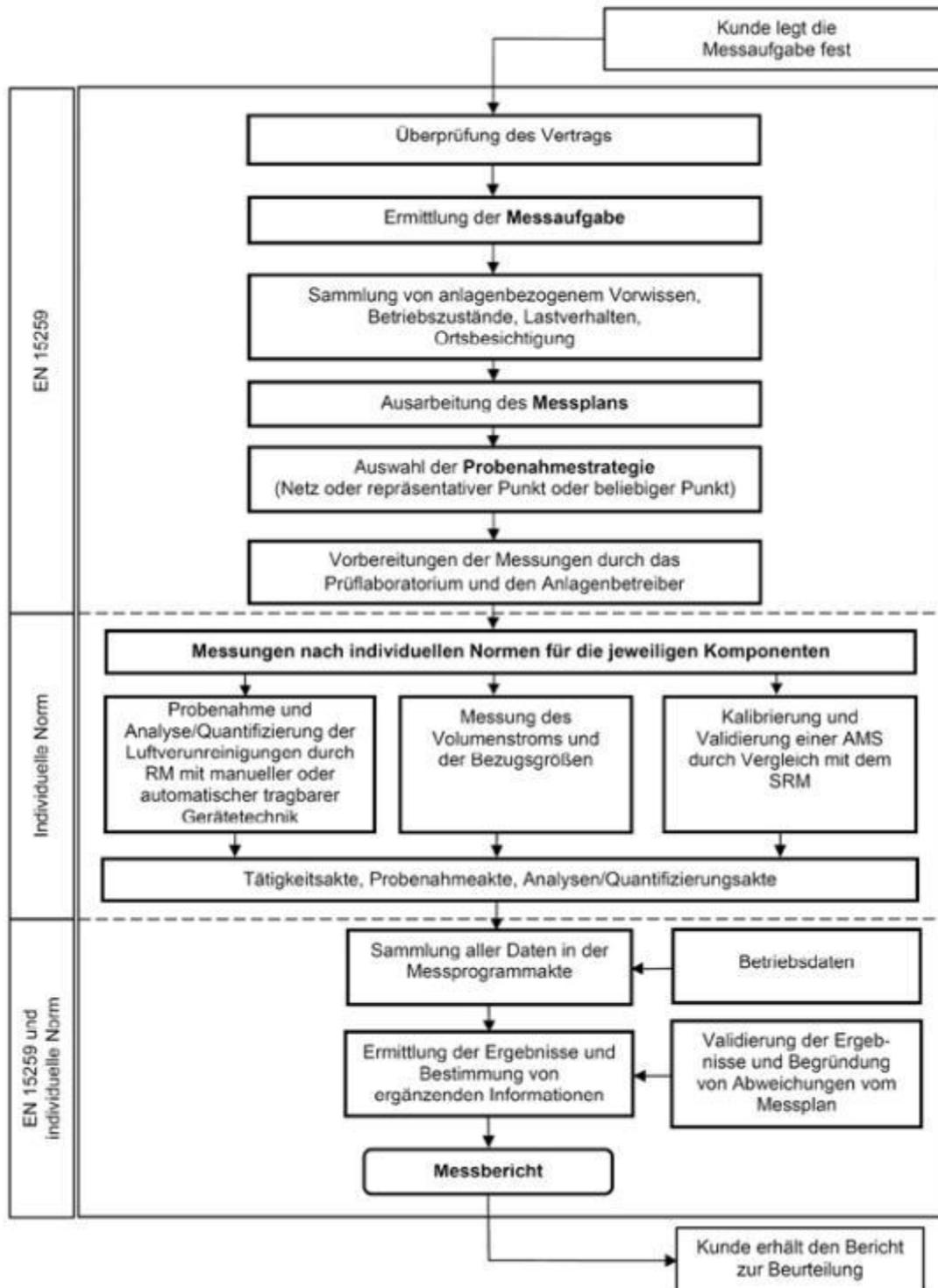
Parameter	Hinweise, Regelwerke (nicht abschließend)
<b>(1) Untersuchungsziel</b>	
→ Beurteilung der Immissionen hinsichtlich Umwelt- / Gesundheits- und Arbeitsschutz	
<b>(2) Untersuchungsmerkmale</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gefährlichkeit der Stäube</li> <li>▪ Massenstrom der Emissionen</li> <li>▪ Zeitdauer der Emissionen</li> <li>▪ meteorologische Bedingungen</li> <li>▪ Umgebungsbedingungen</li> <li>▪ Materialeigenschaften</li> <li>▪ Beurteilung der Quellen</li> </ul>	

<b>(3) Messprogramm</b>		
Abbruch + Rückbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bautyp Stahlbetonmontagebau (im allg. Sprachgebrauch Plattenbauten) in Abhängigkeit der Entkernungstiefe</li> <li>▪ Beschreibung Materialverwendung</li> <li>▪ Bauwerksteil-bezogene Messungen nur bei Verwendung unterschiedlicher Materialien bzw.</li> <li>▪ materialspezifisch bei Verwendung gleicher Materialien</li> <li>▪ Maschinen- und Anbaugeräteinduzierte Messungen</li> </ul>	
<b>(4) Immissionswerte</b>		
<b>a) Staubfraktionen</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PM 2,5</li> <li>▪ PM 4</li> <li>▪ PM 10</li> </ul> Partikeldurchmesser / -größenverteilung / -konzentration	Arbeitsplatzgrenzwerte gemäß TRGS 900
<b>b) Gasförmige Immissionen aus dem Betrieb von Anlagen und Maschinen (Dieselaggregate)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruß- und Staubemissionen (relevant: Stickstoffoxiden, Kohlenmonoxid)</li> <li>▪ Abgase aus Dieselaggregaten</li> <li>• (Grenzwerte nach TA Luft)</li> </ul>	Stickstoffmonoxid + Stickstoffdioxid angegeben als mit Grenzwert: NO <sub>2</sub> : 1,0 g/m <sup>3</sup> CO: 0,30 g/m <sup>3</sup> Gesamtstaub: 20 mg/m <sup>3</sup> Formaldehyd: 60 mg/m <sup>3</sup> TA Luft
<b>(5) Messverfahren / -geräte / -technik</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auswahl (Standard) Messverfahren</li> <li>▪ Messgeräte/-komponenten               <ul style="list-style-type: none"> <li>- mobile Messeinheit(e)n</li> <li>- stationär betriebene Messgeräte</li> </ul> </li> <li>▪ Festlegung von Messpunkten (in Abh. Messverfahren/-programm) und Messpunktstandorten / Probenahmestellen</li> <li>▪ Probenahmestrategie (Netzmessung, Probenahme an einem beliebigen oder repräsentativen Messpunkt)</li> <li>▪ Messdauer/-perioden</li> <li>▪ Messkampagnen</li> <li>▪ Messprotokolle</li> </ul>	
<b>a) Mobile Messeinheiten / -geräte</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ILK – Mobile Probennahme bzw. Messeinrichtung für Abrastern von Abluffahnen</li> </ul>	Korngrößenbereich > 0,5 µm < 20 µm  - Ermittlung der Anteile im Gesamtstaub mittels Kaskaden-Impaktor - Messungen in unterschiedlichen Höhen (4 m bzw.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flugzeitspektrometer APS 3221 (Fa. TSI Inc.)</li> </ul>	<p>8 m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung der Partikelgrößenverteilung und Anzahlkonzentrationen</li> </ul>
<b>b) Stationär betriebene Messgeräte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Streulichtspektrometer Modell 1.108 (Fa. Grimm Aerosol Technik GmbH)</li> <li>▪ Impaktoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaskaden-Impaktor (VDI 2066 Blatt 5)</li> </ul> </li> <li>▪ (modifizierter) GMU-Kaskaden-Impaktor Johnas II (Fabrikat Gothe, Bochum) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der <u>PM4-Quarzkonzentration</u> der emittierten Stäube</li> </ul> </li> <li>▪ Probennahmesystem Impaktor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Massenkonzentration der thorakalen Staubfraktion</li> </ul> </li> <li>• Gravikon VC25 (PM10)</li> <li>▪ ESAYLOG 24RFT <ul style="list-style-type: none"> <li>• kontinuierliche Erfassung von <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur</li> <li>• Luftfeuchtigkeit</li> <li>- Windgeschwindigkeit</li> <li>- Windrichtung</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• (Fa. Greisinger electronic GmbH)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Streulichtmessung am Einzelpartikel</li> <li>- Kaskaden-Impaktoren bestehen aus mehreren hintereinandergeschalteten Impaktorstufen (Düsen- und Prallplatte)</li> <li>- Modifikation: Austausch der regulär verwendeten PM 2,5- durch eine PM 4- Probenahmestufe, dadurch direkte Ermittlung der PM 10- und PM 4-Fraktion möglich</li> <li>- Im Nachgang: röntgenografische Analytik im Labor</li> <li>- Messorte auf windabgewandter Seite</li> <li>- Messhöhe auf 2 m limitiert</li> </ul>
<b>(6) Staubanalyse – Auswertung und Berechnungen</b>	
<b>a) Messergebnisse – Berechnung Staubimmissionen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zusammenstellung, Auswertung, Bewertung der Messergebnisse PM 2,5-, PM 4- und PM 10-Fractionen der verschiedenen Messpunkte (ggf. Querbezüge zu Lärm- und Erschütterungsmessungen)</li> <li>▪ Berücksichtigung der Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -stärke</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse</li> </ul>	
<b>b) Bewertung Quarzkonzentration der PM 4-Fraktion</b>	
<b>c) Dichtebestimmung</b>	
<b>d) REM / EDX- und XRD-Analyse</b>	
<b>e) Bestimmung der Partikelform</b>	
<b>f) Bestimmung der Massenkonzentrationen</b>	
<b>g) Kalibrierung / Überführung / Umrechnung der Messergebnisse</b>	
<b>h) Dokumentation / Datenarchivierung</b>	
<b>(7) Ermittlung Emissionskonzentration</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Linienquellen</li> <li>▪ Flächenquellen</li> <li>▪ Punktquellen</li> </ul>	
<b>(8) Berechnung und Charakterisierung des Ausbreitverhaltens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berechnung der Ausbreitung und Deposition</li> <li>▪ Sink- und Depositionsgeschwindigkeiten (unter Berücksichtigung der Partikelform und -klasse)</li> </ul>	
<b>(9) Staubanalyse - Bewertung der Messergebnisse</b>	
<b>(10) Zusammenfassung Staubbmessung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewertung der Immissionswerte und Ableitung von Schlussfolgerungen hinsichtlich des Arbeits- / Gesundheits- und Umweltschutzes</li> </ul>	
<b>(11) Nachrechnung der Messergebnisse</b>	
<b>(12) Literatur- und Quellennachweis / Abbildungs- und Tabellennachweis</b>	
<b>(13) Auflistung relevanter Normen, Richtlinien und Gesetze</b>	
<b>(14) Anhang</b>	

## 1.2 Arbeitsschritte / Ablaufplan am Beispiel von Staubmessungen nach DIN EN 15259:2008-01-00



\*RM –Referenzmessverfahren

\*\*SRM: Standardreferenzmessverfahren

\*\*\*AMS: Automatische Messeinrichtung

**Abb. 2: Wesentlichen Schritte bei wiederkehrenden Messungen von Emissionen aus stationären Quellen [DIN 15259:2008-01-00, S. 12]**

### 1.3 Messverfahren unter Berücksichtigung der VDI 2095 Blatt 1

Nachfolgend werden Messverfahren zur Ermittlung von Staubemissionen relevanter Parameter in Bezug zu den Messprinzipien sowie Richtlinien und Normen dargestellt. Als Hilfestellung für Messungen zu Umweltbelastungen auf Abbruch-/Rückbaubaustellen wird vergleichend die VDI 2095 Blatt 1:2011-03 (Emissionsminderung – Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen/ Stationäre und mobile Bauschuttzubereitungsanlagen) herangezogen. Die nachstehend in Tab. 1 aufgelisteten Daten basieren auf der VDI 2095 Blatt 1 und wurden für das Messprogramm im zu bearbeitenden FO-Vorhaben angepasst. Der in der VDI 2095 Blatt 1 definierte Anwendungsbereich (Anfall von Bau- und Abbruchabfällen beim Abbruch oder Rückbau von Bauwerken / Gesamtprozess der Aufbereitung (Anlieferung und Lagerung Ausgangsmaterial, Aufbereitung, Zerkleinerung und Sortierung, Förderung und Lagerung erzeugter RC-Körnungen sowie notwendige Transporte während Aufbereitung) ist den Arbeitsabläufen Gebäudeabbruch/ -rückbau nachgeschaltet.

**Tab. 1:** Messverfahren zur Staubmessung<sup>52</sup>

Parameter	Messverfahren			Richtlinie / Norm	Anmerkung
	Arbeitsweise		Messprinzip		
	konti- nuierlich	diskonti- nuierlich			
Messplanung	-	-	-	DIN EN 15259	
Messdurchführung	-	-	-	DIN EN 15259	Probennahme, Repräsentanz
Auswertung von Stichproben	-	-	-	VDI 2448 Blatt 2	Einzelmessungen
Messunsicherheit	-	-	-	VDI 4219	Einzelmessungen
Nachrechnung				VDI 3790 Blatt 3	
Gesamtstaub		X	Gravimetrie	DIN EN 13284-1	Referenzmessver- fahren; < 50 mg/m <sup>3</sup>
		X	Gravimetrie	VDI 2066 Blatt 1	Referenzmessver- fahren; Reingas bis Rohgas
PM <sub>10</sub> / PM <sub>4</sub> / PM <sub>2,5</sub>		X	Impaktor	DIN EN ISO 23210	Massenkonzentration unterhalb von 40 mg/m <sup>3</sup>
Abgasrandbedingungen					
Sauerstoff	X		Paramagnetismus	DIN EN 14789	Referenzmessver- fahren
Feuchte		X	Gravimetrie	DIN EN 14790	Referenzmessver- fahren
allgemein	-	-	-	DIN EN 15259	
Kohlenmonoxid	X		NDIR <sup>a)</sup>	DIN EN 15058	Referenzmessver- fahren
		X		VDI 2459 Blatt 1	
Stickstoffoxide	X		Chemilumineszenz	DIN EN 14792	Referenzmessver- fahren
		X	Ionenchromografie	VDI 2456	Referenzmessver- fahren
Formaldehyd		X		VDI 3862	

a) nicht dispersive Infrarot-Spektroskopie

<sup>52</sup> Tabelle ergänzt nach: VDI 2095 Blatt 1:2011-03, Emissionsminderung – Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen / Stationäre und mobile Bauschuttzubereitungsanlagen, S. 38, Verein Dtsch. Ingenieure e.V. (Hrsg.).

## 2. Messkonzeption Lärmmessungen

Parameter	Hinweise, Regelwerke (nicht abschließend)
<b>(1) Untersuchungsziel</b>	
→ Beurteilung der Immissionen hinsichtlich Umwelt- / Gesundheits- und Arbeitsschutz	
<b>(2) Untersuchungsmerkmale</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intensitäten der Lärmbelastung / gesundheitliche Beeinträchtigungen / Lärmbelästigung</li> <li>▪ Massenstrom der Emissionen</li> <li>▪ Zeitdauer der Emissionen</li> <li>▪ meteorologische Bedingungen</li> <li>▪ Umgebungsbedingungen</li> <li>▪ Materialeigenschaften</li> <li>▪ Beurteilung der Quellen</li> </ul>	
<b>(3) Messprogramm</b>	
<p>Abbruch + Rückbau</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bautyp Stahlbetonmontagebau (im allg. Sprachgebrauch Plattenbauten) in Abhängigkeit der Entkernungstiefe</li> <li>▪ Beschreibung Materialverwendung</li> <li>▪ Bauwerksteil-bezogene Messungen nur bei Verwendung unterschiedlicher Materialien bzw.</li> <li>▪ materialspezifisch bei Verwendung gleicher Materialien</li> <li>▪ Maschinen- und Anbaugeräteinduzierte Messungen</li> </ul>	<p>Hinzuziehung zum BImSchG Landesimmissionsschutz-gesetz, z. B. im Land Brandenburg</p> <p>Emissionsgrenzwerte für einzelne Baumaschinentypen 15.BImSchV Baumaschinenlärmverordnung</p>
<b>(4) Lärmimmissionswerte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Messungen Lärmimmissionen / Schallpegelmessungen am Arbeitsplatz sowie in der Umgebung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messungen Schalldruckpegel (Verhältnis Bezugsschalldruck (Hörschwelle) zum momentanen Schalldruck)</li> </ul> <p>Immission: DIN 45641:1990-06-00 DIN 45645-1:1996-07-00 DIN 45645-2:1997-08-00</p> <p>AVV Baulärm (1970) - Geräuschimmissionen</p>

<b>a) Nahbereich (Einwirkungen auf die Arbeitskräfte / am Arbeitsplatz)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erfassung der (Auslöse)Werte für gesundheitsschädliche Schallexpositionen gemäß der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tageslärmaxpositionspegel <math>L_{EX,8h}</math> (Mittelwert über eine 8 h-Schicht)</li> <li>• Spitzenschalldruckpegel <math>L_{pCpeak}</math> (z. B. durch Knall oder Explosion)</li> </ul> <p><u>Untere</u> Auslösewerte:  <math>L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}</math>  <math>L_{pCpeak} = 135 \text{ dB (C)}</math></p> <p><u>Obere</u> Auslösewerte:  <math>L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}</math>  <math>L_{pCpeak} = 137 \text{ dB (C)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• äquivalenter Dauerschallpegel <math>L_{eq}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennzeichnung Lärmbereich</li> <li>- Festlegung Messpunkte (Immissionsorte)</li> </ul>
<b>b) Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen in der Umgebung</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)</li> </ul>		§ 3 BImSchG
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geräte- und Maschinenschutzverordnung (32. BImSchV)</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen (AVV Baulärm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe von Immissionsrichtwerten für Baustellenlärm in der Nachbarschaft in Abhängigkeit von der Tageszeit und Gebietsart gemäß BauNVO (Wohngebiet, Industriegebiet usw.),</li> <li>• z. B. <u>ausschließlich Wohngebiet</u>: <math>L = 50 \text{ dB(A)}</math></li> <li>• z. B. <u>vorwiegend Wohngebiet</u>: <math>L = 55 \text{ dB(A)}</math></li> </ul>	AVV Baulärm
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lärmverordnung der Länder (LärmVO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landesrechtliche Regelungen zum Lärmschutz</li> </ul>	
<b>(5) Messverfahren / -geräte / -technik</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Festlegung von Messpunkten (in Abh. Messverfahren/-programm) und Messpunktstandorten / Probenahmestellen / Operative Festlegung der Entfernung Emissionsquelle - MP</li> <li>▪ Auswahl Messverfahren/-geräte <ul style="list-style-type: none"> <li>- mobile Messeinheit(n)</li> <li>- stationär betriebene Messgeräte</li> </ul> </li> <li>▪ Ermittlung des Geräuschpegels mit Schallpegelmessern <ul style="list-style-type: none"> <li>- Präzisionsschallpegelmesser nach DIN 45633</li> <li>- DIN-Lautstärkemesser nach DIN 5045</li> </ul> </li> </ul>		

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messgeräte, die den von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt festgelegten Anforderungen entsprechen</li> <li>▪ Messgeräte sind auf die Frequenzbewertung „A“ und „schnelle Anzeige“ einzustellen und vor / nach Messung zu kalibrieren</li> </ul>	
<b>a) Mobile Messeinheiten / -geräte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lärmdosimeter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung zusätzlicher Erkenntnisse</li> </ul>
<b>b) Stationär betriebene Messgeräte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ protokollierender Präzisions-Schallpegelmessgerät (Fa. Bül &amp; Kjaer 2250-D)</li> <li>▪ Auswertung der Daten: Softwarepakete Evaluator Typ 7820 sowie bei Bedarf Protector Typ 7825</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messungen des äquivalenten Dauerschallpegel <math>L_{eq}</math>, Lärmexpositionspegels <math>L_{EX,8h}</math> sowie des Spitzenschalldruck-pegels <math>L_{pCpeak}</math></li> </ul>
<b>(6) Analyse Lärmimmissionen – Auswertung und Berechnungen</b>	
<b>a) Messergebnisse – Berechnung und Bewertung der Lärmimmissionen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zusammenstellung, Auswertung, Bewertung der Messergebnisse zu Lärmemissionen (ggf. Querbezüge zu Staub- und Erschütterungsmessungen)</li> <li>▪ Frequenzabhängige Bewertung der Lärmmessungen</li> <li>▪ Berücksichtigung der Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -stärke</li> <li>▪ Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse</li> </ul>	
<b>b) Überführung / Umrechnung der Messergebnisse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Textliche Auf-/Nachbereitung der Messungen</li> <li>▪ Tabellarische / ggf. grafische Darstellung der Messergebnisse</li> </ul>	
<b>c) Dokumentation / Datenarchivierung</b>	
<b>(7) Ermittlung Lärmemissionskonzentration</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geräusch- / Lärmquellen nach Intensitäten und Dauer</li> </ul>	
<b>(8) Lärmanalyse - Bewertung der Messergebnisse</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wertung: TA Lärm</li> <li>• unter Zugrundelegung der in der § 2 – 9 BauNVO vorgenommenen Typisierung von Baugebietsarten</li> </ul>
<b>(9) Zusammenfassung Lärmmessung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewertung der Immissionswerte und Ableitung von Schlussfolgerungen hinsichtlich des Arbeits- / Gesundheits- und Umweltschutzes</li> </ul>	

<b>(10) Literatur- und Quellenachweis / Abbildungs- und Tabellennachweis</b>	
<b>(11) Auflistung relevanter Normen, Richtlinien und Gesetze</b>	
<b>(12) Anhang</b>	

### 3. Messkonzeption Erschütterungs-/ Vibrationsmessungen

Parameter	Hinweise, Regelwerke (nicht abschließend)
<b>(1) Untersuchungsziel</b>	
→ Beurteilung der Immissionen hinsichtlich Umwelt- / Gesundheits- und Arbeitsschutz	
<b>(2) Untersuchungsmerkmale</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intensitäten der Erschütterungs-/ Vibrationsbelastung auf Arbeitskräfte wirkend, im Gebäude sowie in der Umgebung</li> <li>▪ Massenstrom der Emissionen</li> <li>▪ Zeitdauer der Emissionen</li> <li>▪ meteorologische Bedingungen</li> <li>▪ Umgebungsbedingungen</li> <li>▪ Materialeigenschaften</li> <li>▪ Beurteilung der Faktoren / Quellen</li> </ul>	
<b>(3) Messprogramm</b>	
Abbruch + Rückbau <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bautyp Stahlbetonmontagebau (im allg. Sprachgebrauch Plattenbauten) in Abhängigkeit der Entkernungstiefe</li> <li>▪ Beschreibung Materialverwendung</li> <li>▪ Bauwerksteil-bezogene Messungen nur bei Verwendung unterschiedlicher Materialien bzw.</li> <li>▪ materialspezifisch bei Verwendung gleicher Materialien</li> <li>▪ Maschinen- und Anbaugeräteinduzierte Messungen</li> </ul>	
<b>(4) Erschütterungswerte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Messung der Immissionswerte und Rückkopplung auf Emissionsquellen: Erfassung von Einzel-/Extremereignissen, kurzzeitigen Ereignissen sowie ggf. dauerhaften Belastungen (Maximalwerte) bei unterschiedlichen Arbeitsgängen auf der Abbruch-/ Rückbaubaustelle (Abwurf / Abbrechen von Gebäudeteilen, Demontage von Bauelementen, Beladevorgänge) in Abhängigkeit der zum Einsatz kommenden Maschinen und Geräte</li> </ul>	

<b>a) Nahbereich (Einwirkungen auf die Arbeitskräfte / am Arbeitsplatz)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erschütterungs-/ Vibrationseinwirkungen / Anhaltswerte zur Einstufung gemäß DIN 4150</li> </ul>		DIN 4150- 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
<b>b) Ermittlung und Beurteilung Erschütterungen im Gebäude / auf die Umgebung</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erschütterungseinwirkungen / Anhaltswerte zur Einstufung gemäß DIN 4150</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit <math>v_i</math> [mm/s] in Abhängigkeit der Frequenzen (z. B. Fundament, oberste Geschossdecke) für die Richtungskomponenten x, y, z</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN 4150-3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen</li> </ul>
<b>(5) Messverfahren / -geräte / -technik</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auswahl Messverfahren/-geräte</li> <li>▪ Festlegung von Messpunkten (in Abh. Messverfahren/-programm) und Messpunktstandorten / Probenahmestellen / Operative Festlegung der Entfernung Emissionsquelle - MP</li> <li>▪ Messdauer/-perioden</li> <li>▪ Messkampagnen</li> <li>▪ Messprotokolle</li> </ul>		
<b>Stationär betriebene Messgeräte</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erschütterungsmessgerät ZEB / SM 3E (Fa. Wasag Sythen GmbH)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwinggeschwindigkeit <math>v_i</math> [mm/s] für die Richtungskomponenten x, y, z</li> </ul>	
<b>(6) Analyse Erschütterungen – Auswertung und Berechnungen</b>		
<b>a) Messergebnisse – Berechnung Erschütterungsemissionen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zusammenstellung, Auswertung, Bewertung der Messergebnisse zu Erschütterungen und Vibrationen (ggf. Querbezüge zu Staub- und Lärmmessungen)</li> <li>▪ Frequenzabhängige Bewertung der Erschütterungs-/ Lärm-messungen</li> <li>▪ Berücksichtigung der Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -stärke</li> <li>▪ Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse</li> </ul>		
<b>b) Konvertierung / Überführung / Umrechnung der Messdaten</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Textliche Auf-/Nachbereitung der Messungen</li> <li>▪ Grafische Darstellung der Messergebnisse als Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Verlauf und Frequenzspektren</li> <li>▪ Tabellarische Aufbereitung der max. Schwinggeschwindigkeiten, der Vorzugsfrequenzen</li> <li>▪ Auswertung und grafische Darstellung der Terzspektren</li> <li>▪ optional: Konvertierung der Messdaten (MEDA, Fa. Wölfel) nach FlexPro 9.0</li> </ul>		

<b>c) Dokumentation / Datenarchivierung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abfassen eines Messberichtes zur abschließenden Dokumentation der Messungen und Messergebnisse</li> </ul>	
<b>(7) Analyse Erschütterung - Bewertung der Messergebnisse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyse Messdaten und Bewertung Erschütterungskonzentrationen</li> <li>▪ Bewertung / Gefährdungsbeurteilung von (direkten) Vibrationen am Arbeitsplatz durch eingesetzte Geräte und Maschinen</li> <li>▪ Beurteilung der Ereignisse auf schädigende Auswirkungen (beispielsweise Gebrauchswertverminderung der Nachbarbebauung wie z. B. Risse in Putzen von Wänden, Erweiterung bereits vorhandener Beschädigungen/Risse, Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden etc.)</li> </ul>	
<b>(8) Zusammenfassung Erschütterungsmessung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewertung der Immissionswerte und Ableitung von Schlussfolgerungen hinsichtlich des Arbeits- / Gesundheits- und Umweltschutzes</li> </ul>	
<b>(9) Literatur- und Quellennachweis / Abbildungs- und Tabellennachweis</b>	
<b>(10) Auflistung relevanter Normen, Richtlinien und Gesetze</b>	
<b>(11) Anhang</b>	

## Anhang G: Bewertungen der Verfahren-Material-Kombinationen

### Erläuterung zu den folgenden Tabellen:

Während der 1. Projektphase wurden Datengrundlagen erstellt um die Eignung der Verfahren und der damit verbundenen Emissionen in erster Näherung abzuschätzen. Dabei ist eine Bewertung nach Auswertung der Literaturquellen entstanden und die beiden anderen sind Teil der Bachelorarbeit von Mariana Rathgeb und der Diplomarbeit von Jürgen Deck, die Expertenbefragungen zu den Abbruchverfahren durchgeführt haben, wobei die Experten besonders auf bestimmte Abbruchverfahren spezifiziert sind. Die anderen Verfahren wurden daher auch nicht bewertet

### Anhang G.1 Bewertungen der Verfahrenseignung

#### Bedeutung der Faktoren:

- X: nicht geeignet
- 1: schlecht geeignet
- 2: mittel geeignet
- 3: gut geeignet
- 4: sehr gut geeignet

#### Anhang G.1.1 Bewertungen der Verfahrenseignung nach Literatur

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	4	4	4	4	4	1	2	3	3	x
Einschlagen	4	4	4	4	4	3	3	4	x	x
Eindrücken	4	4	4	4	4	1	1	1	2	x
Einziehen	4	4	4	4	4	3	3	2	2	x
Reißen	x	x	x	x	x	2	1	4	x	x
Stemmen	3	3	3	3	3	3	3	4	x	x
Preßschneiden	3	3	3	3	3	4	4	4	2	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	3	4
Spalten	2	2	2	2	2	2	2	3	x	x
Demontieren	x	x	x	x	x	3	1	1	4	4
Lockerungssprengung	1	1	1	1	1	4	4	4	x	x
Niederlegungsspreng	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Kernbohren	3	3	3	3	3	3	3	4	x	x
Vollbohren	4	4	4	4	4	3	3	4	x	x
Sägen/Scheibe	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4
Kette/Seil	3	3	3	3	3	4	4	4	4	2
Brennschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4
HDW-Schneiden	1	1	1	1	1	2	2	2	x	2
Fräsen	3	3	3	3	3	1	1	4	x	x
Schleifen	1	1	1	1	1	2	2	3	4	x

#### Anhang G.1.2 Bewertungen der Verfahrenseignung nach Bachelorarbeit Mariana Rathgeb

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	3	3	3	3	3	1	1	2	3	1
Einschlagen	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3
Eindrücken										
Einziehen										
Reißen										
Stemmen										
Preßschneiden	2	2	2	2	2	4	4	4	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	4	4
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden	x	x	x	x	x	2-3	2-3	4	x	x
Fräsen										
Schleifen										

### Anhang G.1.3 Bewertungen der Verfahrenseignung nach Diplomarbeit Jürgen Deck

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	3	4	4	4	4	x	x	2	4	1
Einschlagen	3	4	4	4	4	2	2	3	1	x
Eindrücken	4	4	4	4	4	2	2	3	4	3
Einziehen	4	4	4	4	4	2	2	3	4	3
Reißen	x	x	x	x	x	3	3	4	x	x
Stemmen	4	4	4	4	4	4	4	4	x	x
Preßschneiden	3	4	3	4	4	3	3	3	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden										
Fräsen	4	4	4	4	4	4	4	4	X	X
Schleifen										

**Bedeutung der Faktoren:**

- 0: keine (messbaren) Emissionen
- 1: wenig Emissionen
- 2: einige Emissionen
- 3: hohe Emissionen
- 4: sehr stark Emissionen

Anhang G.2 Bewertungen der Schallemissionen

Anhang G.2.1 Bewertungen der Schallemissionen nach Literatur

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1	1	1	1	1	2	2	1	3	x
Einschlagen	1	1	1	1	1	3	3	1	x	x
Eindrücken	1	1	1	1	1	2	2	1	2	x
Einziehen	1	1	1	1	1	2	2	1	2	x
Reißen	x	x	x	x	x	3	4	3	x	x
Stemmen	3	3	3	3	3	3	3	3	x	x
Preßschneiden	2	2	2	2	2	3	3	x	3	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	3	4
Spalten	1	1	1	1	1	2	2	1	x	x
Demontieren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lockerungssprengung	4	4	4	4	4	4	4	4	x	x
Niederlegungsspreng	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kernbohren	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x
Vollbohren	3	3	3	3	3	3	3	3	x	x
Sägen/Scheibe	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
Kette/Seil	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
Brennschneiden	x	x	x	x	x	x	x	2	x	2
HDW-Schneiden	2	2	2	2	2	2	2	2	x	2
Fräsen	4	4	4	4	4	4	4	4	x	x
Schleifen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	x

Anhang G.2.2 Bewertungen der Schallemissionen nach Bachelorarbeit Mariana Rathgeb

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	2-3	2-3	2-3	2	2
Einschlagen	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	3	3	3	2	3
Eindrücken										
Einziehen										
Reißen										
Stemmen										
Preßschneiden	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	1	2
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden	x	x	x	x	x	1	1	1	x	x
Fräsen										
Schleifen										

Anhang G.2.3 Bewertungen der Schallemissionen nach Diplomarbeit Jürgen Deck

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1	1	1	1	1	x	x	1	1	1
Einschlagen	4	4	4	4	4	4	4	4	3	x
Eindrücken	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2
Einziehen	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2
Reißen	x	x	x	x	x	2	2	2	x	x
Stemmen	3	3	3	3	3	4	4	4	x	x
Preßschneiden	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden										
Fräsen	2	2	2	2	2	2	2	2	X	X
Schleifen										

## Anhang G.3 Bewertungen der Staubemissionen

### Anhang G.3.1 Bewertungen der Staubemissionen nach Literatur

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	2	4	2	2	2	2	2	2	3	x
Einschlagen	3	4	3	3	3	3	3	3	x	x
Eindrücken	3	4	3	3	3	3	3	3	3	x
Einziehen	3	4	3	3	3	3	3	3	3	x
Reißen	x	x	x	x	x	2	3	3	x	x
Stemmen	3	3	3	3	3	3	3	3	x	x
Preßschneiden	3	3	3	3	3	1	1	x	2	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	2	1
Spalten	2	2	2	2	2	3	3	2	x	x
Demontieren	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1
Lockerungssprengung	3	1	3	3	3	3	3	3	x	x
Niederlegungsspreng	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Kernbohren	0	3	0	0	0	0	0	0	x	x
Vollbohren	2	4	2	2	2	2	2	2	x	x
Sägen/Scheibe	2	3	2	2	2	2	2	2	4	2
Kette/Seil	2	3	2	2	2	2	2	2	4	2
Brennschneiden	x	x	x	x	x	x	x	0	x	1
HDW-Schneiden	1	1	1	1	1	1	1	1	x	0
Fräsen	3	3	3	3	3	3	3	3	x	x
Schleifen	3	1	3	3	3	3	3	3	4	x

### Anhang G.3.2 Bewertungen der Staubemissionen nach Bachelorarbeit Mariana Rathgeb

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	2	2	2	1	0
Einschlagen	3	3	3	3	3	3-4	3-4	3-4	1	0
Eindrücken										
Einziehen										
Reißen										
Stemmen										
Preßschneiden	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden	x	x	x	x	x	1	1	1	x	x
Fräsen										
Schleifen										

### Anhang G.3.3 Bewertungen der Staubemissionen nach Diplomarbeit Jürgen Deck

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	2	2	2	2	2	x	x	2	1	0
Einschlagen	3	4	3	4	3	3	3	3	1	x
Eindrücken	3	4	3	4	3	3	3	3	1	0
Einziehen	3	4	3	4	3	3	3	3	1	0
Reißen	x	x	x	x	x	2	2	2	x	x
Stemmen	2	2	3	3	2	2	2	2	x	x
Preßschneiden	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden										
Fräsen	3	3	3	3	3	3	3	3	X	X
Schleifen										

## Anhang G.4 Bewertungen der Erschütterungsemissionen

### Anhang G.4.1 Bewertungen der Erschütterungsemissionen nach Literatur

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x
Einschlagen	1	1	1	1	1	3	3	1	x	x
Eindrücken	1	1	1	1	1	1	1	1	2	x
Einziehen	1	1	1	1	1	1	1	1	2	x
Reißen	x	x	x	x	x	3	3	2	x	x
Stemmen	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Preßschneiden	1	1	1	1	1	1	1	x	1	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1
Spalten	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x
Demontieren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lockerungssprengung	4	4	4	4	4	4	4	4	x	x
Niederlegungsspreng	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kernbohren	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x
Vollbohren	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Sägen/Scheibe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kette/Seil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brennschneiden	x	x	x	x	x	x	x	0	x	0
HDW-Schneiden	1	1	1	1	1	1	1	1	x	0
Fräsen	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Schleifen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x

### Anhang G.4.2 Bewertungen der Erschütterungsemissionen nach Bachelorarbeit Mariana Rathgeb

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2-3
Einschlagen	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	4	4	4	3	4
Eindrücken										
Einziehen										
Reißen										
Stemmen										
Preßschneiden	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden	x	x	x	x	x	0	0	0	x	x
Fräsen										
Schleifen										

### Anhang G.4.3 Bewertungen der Erschütterungsmissionen nach Diplomarbeit Jürgen Deck

Material	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Beton	Beton	Beton	Holz	Stahl
Verfahren	Natur	Ziegel	Kalksandst.	Porenbeton	Betonstein	Fertigteil	Ortbeton	unbewehrt		
Abgreifen	1	1	1	1	1	x	x	1	1	1
Einschlagen	3	3	3	3	3	4	4	4	2	x
Eindrücken	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
Einziehen	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
Reißen	x	x	x	x	x	3	3	3	x	x
Stemmen	4	4	3	3	4	4	4	4	x	x
Preßschneiden	2	2	2	2	2	2	2	2	x	x
Scheerschneiden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1
Spalten										
Demontieren										
Lockerungssprengung										
Niederlegungsspreng										
Kernbohren										
Vollbohren										
Sägen/Scheibe										
Kette/Seil										
Brennschneiden										
HDW-Schneiden										
Fräsen	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X
Schleifen										

# Anhang H: Screenshots der ansatzweisesoftwaretechnischen Umsetzung des Grundaufbaus des Unterstützungswerkzeugs für die Abbruchplanung

Entwürfe

The screenshot shows the 'Abbruchplanung' window with the following fields and values:

- Gebäudegrunddaten:**
  - GebäudeNr: 1
  - GebäudeName: IIP
  - Gebäudetyp: Mauerwerksb1
  - Mauerwerkmaterial: Kalksandstein
  - geneigtes Dach vorhanden:
  - Bodenplatte ist vorhanden:
  - Gebiet: Wohn
  - Baujahr: 1950
  - Buttons: Gebäudegrunddaten einlesen, Schadstoffe
- Gebäudeabmessungen:**
  - Gebäudegrundfläche (m2): 750
  - Gebäudeumfang (Summe der Kanten) (m): 125
  - Gebäudehöhe über GOK (m): 10
  - Gebäudehöhe unter GOK (m): 3
  - Stockwerksanzahl (Stk): 4
  - die Gebäudegrundfläche verändert sich über die Höhe:
  - alle Stockwerkshöhen sind gleich:
  - Button: Spezifizierung der einzelnen Stockwerke
- Umgebungsbedingungen:**
  - Wasseranschluss:  ist vorhanden
  - Platz um Baustelle: gering

The screenshot shows the 'Oberstes Stockwerk' window with the following fields and values:

	AußenWand	InnenWand	Boden
Höhe (m)	3,25	3,25	
Dicke (m)	0,4	0,3	0,6
Summe der Längen (m)	125	80	750
Material	Kalksandstein	Kalksandstein	Ortbeton
Verfahren	Abgreifen 4	Abgreifen 4	Preißchneiden 4
Maschinengröße (t)	60	60	60

Buttons: Eingaben einlesen und Verfahren auswählen, Emissionsberechnung für das oberste Stockwerk