

Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines Mess- und Beurteilungsverfahrens für tieffrequente Schallimmissionen bei Veranstaltungen

Benjamin Bernschütz¹, Lukas Roskosch¹, Christoph Pörschmann², Hendrik Himmelein², Jörn Latz³, Darius Styra³, Thomas Przybilla⁴, Detef Krahe⁵.

¹ Technische Hochschule Mittelhessen (THM), Fachbereich Management und Kommunikation, 35390 Gießen, Deutschland, Email: benjamin.bernschuetz@muk.thm.de, lukas.roskosch@muk.thm.de

² Technische Hochschule Köln (TH Köln), Institute of Computer and Communication Technology, 50679 Köln, Deutschland, Email: christoph.poerschmann@th-koeln.de, hendrik.himmelein@th-koeln.de

³ Kramer Schalltechnik GmbH, 53757 Sankt Augustin Sankt, Deutschland, Email: joern.latz@kramer-schalltechnik.de, d.styra@kramer-schalltechnik.de

⁴ Landesamt für Natur- Umwelt- und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, 45133 Essen, Deutschland, Email: Thomas.Przybilla@lanuv.nrw.de

⁵ Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik, 42119 Wuppertal, Deutschland, Email: krahe@uni-wuppertal.de

Einleitung

Veranstaltungen und die daraus resultierende Lärmbelastung für die Anwohner stellen einen besonderen Fall dar, der sich wesentlich von anderen Lärmarten unterscheidet. Die Schallemissionen auf Veranstaltungen werden intentional erzeugt. Die Besucher einer Veranstaltung wünschen die Emissionen und nehmen sie als Kunst mit einer positiven Einstellung wahr. Der Schall muss dabei mit einem bestimmten Pegel erzeugt werden (Mindestversorgungspegel) und eine breitbandige spektrale Zusammensetzung mit häufig deutlich erhöhten Energieanteilen im tieffrequenten Bereich aufweisen, damit eine veranstaltungstypische Beschallung erfolgen kann. Diesen Fall der intentionalen Erzeugung von Geräuschen für eine bestimmte Interessensgruppe finden wir in keiner anderen Lärmart. Im Normalfall besteht allseits das Interesse an Ruhe. Lärmemissionen von technischen Anlagen oder Transportmitteln sind meist technisch bedingt nicht zu vermeiden und gelten für alle Beteiligten als unerwünscht und störend. Auf der anderen Seite stehen die Anwohner im Umfeld der Veranstaltung, die sich von den resultierenden Immissionen der Veranstaltung üblicherweise belästigt fühlen und einen Schutzanspruch genießen. Aus diesen konträren Sichtweisen auf die Schallereignisse einer Veranstaltung resultiert ein Interessenskonflikt, der nicht selten in eine Beschwerdelage übergeht.

Die Anzahl an Veranstaltungen nimmt allgemein zu und insbesondere Open-Air Konzerte und Festivals genießen eine wachsende Beliebtheit bei Publikum, Künstlern und Veranstaltern. Die Veranstaltungsbranche ist gemäß [10] die sechstgrößte Wirtschaftsbranche Deutschlands und somit besteht neben einem gesellschaftlichen Interesse auch ein erhebliches wirtschaftliches Interesse an der Durchführung von Veranstaltungen.

Tieffrequente Schallanteile

Um eine deutliche Abgrenzung der Darbietung vom Hintergrundgeräusch zu erreichen, ist ein Mindestver-

sorgungspegel bei der Veranstaltungsbeschallung notwendig, der in der Regel um mindestens 10 dB über dem Geräuschpegel des Publikums oder anderen Hintergrundgeräuschen liegt. Der Publikumspegel erreicht bei größeren Veranstaltungen mit Musikdarbietung und emotional involviertem Publikum durchaus 80 dB(A) bis 90 dB(A). Die Beschallung muss entsprechend mindestens um 10 dB höhere Pegel erreichen - je nach Genre sind aber oft noch weit höhere Pegel erwünscht, damit eine veranstaltungstypische Beschallung erfolgen kann und die Darbietung den gewünschten Impact auf das Publikum erzielt. Nach DIN 15905-5 [1] sollen die Innenpegel im Publikumsbereich im Mittel nicht über 99 dB(A) liegen. In der Praxis liegen die Pegel je nach Genre aber teils deutlich darüber. Musikdarbietungen weisen aufgrund ihrer Beschaffenheit zudem meist erheblichen Ton-, Impuls und Informationsgehalt auf.

Tieffrequente Schallanteile sind dabei im Kontext von Veranstaltungen aus verschiedenen Gründen besonders herausfordernd (A-E):

A Eigenschaften der Quelle

Besucher von Musikveranstaltungen erwarten neben einem hohen Schalldruckpegel auch eine bestimmte spektrale Zusammensetzung der Darbietung. Im Kontext der zeitgenössischen Hörästhetik hat sich der Hörer an hohe Energieanteile im Bassbereich gewöhnt, da sich insbesondere modernere Musikgenres dieser Frequenzbereiche erschöpfend bedienen. In Kombination mit gesteigerter Leistungsfähigkeit der PA-Technik führte dies über die Jahre zu einem deutlichen Anstieg der Energieanteile im tieffrequenten Bereich bei Live-Veranstaltungen. Ein Vergleich von Messergebnissen zwischen dem Jahr 2006 und dem Zeitraum 2017 bis 2018 zeigt unter anderem eine Verschiebung des spektralen Maximums von 80 Hz herab zu 50 Hz und einen signifikanten Anstieg des Dynamikumfangs [2]. Umfangreiche Felderfahrungen des Industriepartners Kramer Schalltechnik bestätigen diese Beobachtungen und auf vielen Großveranstaltungen wer-

den inzwischen auch bereits bei 30 Hz erhebliche Schalldruckpegel sowohl im Innenfeld der Veranstaltung als auch an den Immissionsorten gemessen. Tiefe Frequenzen zwischen ca. 30 Hz und 100 Hz werden entsprechend auf Veranstaltungen mit hohen Schalldruckpegeln abgestrahlt, wie auch beispielsweise Roy und Nicht (2019) [3] darstellen.

Tieffrequenter Schall wird physikalisch bedingt zunächst radial abgestrahlt (große Wellenlänge gegenüber den Lautsprechern), kann aber durch eine entsprechende Arraykonfiguration der Subwoofer in der Abstrahlung gerichtet werden. Dabei entstehen aber mindestens in Beschallungsrichtung hohe Schalldruckpegel, die meistens weit über die zu beschallende Fläche hinausgehen. Ebenfalls treten bei vielen Arraykonfigurationen in seitlicher oder rückwärtiger Richtung frequenzabhängige Nebenkeulen auf [4]. Der tieffrequente Schall breitet sich somit insgesamt trotz aller technischen Bemühungen in einigen Richtungen in die Umwelt aus. Eine Reduzierung der Emissionen durch schalldämmende Maßnahmen direkt an der Quelle – wie sie bei anderen Lärmarten z.B. im Umfeld des Industrielärms regelmäßig umgesetzt wird – ist hier kaum möglich. Besonders kritisch sind dabei Freiluftveranstaltungen aufgrund der fehlenden Dämmung durch einen umschließenden Baukörper – jedoch kommt es auch regelmäßig zu Lärmkonflikten bei Veranstaltungen in Indoor-Locations wie Clubs, Arenen oder Stadien.

B Ausbreitung

Während Schall im mittel- und insbesondere hochfrequenten Bereich von Hindernissen (z.B. Gebäude, Schallschutzwände, etc.) oft noch verhältnismäßig gut abgeschirmt wird und durch Dissipationseffekte in der Luft mit der Entfernung relativ gesehen schnell an Pegel verliert, breitet sich tieffrequenter Schall aufgrund der großen Wellenlänge und den resultierenden Beugungseffekten an Objekten sowie fast vernachlässigbarer Dissipation oft nahezu ungehindert aus. In der Praxis kann oft trotz möglicher Schallschutzmaßnahmen und Bebauung im Umfeld der Veranstaltungsfläche eine Abnahme des Schalldrucks nahe dem klassischen $1/r$ -Gesetz beobachtet werden.

C Transmission

Am Immissionsort trifft der Schall auf einen Baukörper (z.B. ein Wohnhaus). Dabei findet eine Transmission durch die Fassade, die Fensterflächen und ggf. auch das Dach in den Innenraum der schutzbedürftigen Nutzung statt. Auch hier ist tieffrequenter Schall wieder besonders problematisch, da das Bau-Schalldämm-Maß bei tiefen Frequenzen in der Regel erheblich geringer ist als bei hohen Frequenzen. Besonders Fensterflächen sind oft relativ durchlässig. Durch Koinzidenzeffekte/Spuranpassung in Fassadenbauteilen kann die Dämmung bei einzelnen Frequenzen schmalbandig sogar nahezu komplett einbrechen und tieffrequenter Schall fast ungehindert in die schutzbedürftige Nutzung eindringen.

D Raumakustik

Bei den Raumabmessungen üblicher Wohnbebauung stellt sich im Innenraum kein diffuses Schallfeld ein.

Stattdessen überwiegen bei tiefen Frequenzen modale raumakustische Eigenschaften, die durch stehende Wellen lokal verstärkende Effekte auf die Immissionsanteile im Innenraum haben können.

E Perzeption

Insgesamt kommt es damit zu einem Tiefpassfiltereffekt innerhalb der schutzbedürftigen Nutzung und für den Anwohner treten die tieffrequenten Anteile perzeptiv damit noch stärker in den Vordergrund. Häufig sind z.B. tieffrequente Impulse bei Bass-Drums oder Einzeltöne von Bass und Synthesizer wahrzunehmen. Das Ausmaß der Belästigung bei tieffrequenten Geräuschen hängt nicht nur verstärkt von psychoakustischen und soziologischen Faktoren ab. Hörversuche haben gezeigt, dass die Lästigkeit tieffrequenten Schalls bereits knapp über der Hörschwelle stark ansteigt [6], wobei die Hörschwelle insbesondere bei tiefen Frequenzen eine individuelle Ausprägung hat [5].

Nach Praxiserfahrung des Industriepartners Kramer Schalltechnik und Aussagen von genehmigenden Behörden stellen tieffrequente Immissionen inzwischen das wohl größte Konfliktpotenzial bei Veranstaltungslärm dar. Eine Studie im Auftrag des Bundesumweltamts hat gezeigt, dass bereits im Jahr 2014 ca. 10 Prozent aller Lärmbeschwerden zu tieffrequenten Immissionen in Deutschland auf Veranstaltungsgeschehen zurückzuführen waren [7]. Die negativen Auswirkungen der Belästigung durch tieffrequente Geräusche wurden im Kontext anderer Lärmarten umfangreich untersucht [8].

Aktuelle Regelwerkslage

Die formelle Regulierung von Veranstaltungslärm erfolgt durch Regelwerke wie die Freizeitlärmrichtlinien der Länder und die TA-Lärm. Bei tieffrequenten Immissionen wird auf die DIN 45680 [9] verwiesen, die ursprünglich für den Industrie- und Gewerbelärm konzipiert wurde. Sie setzt eine Messung im Innenraum der zu schützenden Nutzung voraus. Dies ist technisch sinnvoll und für einzelne Messungen im Kontext von Genehmigungen für Industrieanlagen etc. durchaus passend und verhältnismäßig. So kann die Anlage in einem bestimmten Betriebszustand (z.B. Vollast) einmalig gemessen werden und die organisatorische Belastung für Messtechniker/Gutachter sowie die Anwohner ist dem resultierenden dauerhaften Nutzen angemessen.

Bei Veranstaltungslärm haben wir es jedoch oft mit extrem dynamischen Szenarien zu tun: Wechselnde Beschallungsanlagen und Bühnenaufbauten, unterschiedliche Veranstaltungsarten und Musikgenres sowie unterschiedliche Programmabläufe mit teilweise schwer vorhersehbaren Pegelschwankungen. Dazu kommen die üblichen meteorologischen Einflüsse und Schwankungen. Eine einmalige Messung bei einer einzigen exemplarischen Veranstaltung in einem bestimmten Zeitfenster führt in der Regel zu keinerlei aussagekräftigem und verallgemeinerbarem Ergebnis.

Daher muss in der Praxis meistens individuell bei jeder Veranstaltung und während der gesamten Dauer der Ver-

anstaltungen gemessen werden, um für die jeweils spezifische Konstellation einen angemessenen Anwohnerschutz sicherzustellen. Bei allen Veranstaltungen mit Ausnahme-genehmigungen besteht formal streng genommen sogar eine messtechnische Nachweispflicht. Nach Norm muss diese Messung im Innenraum der schutzbedürftigen Nutzung erfolgen. In der Praxis muss dabei auch ein schalltechnischer Sachverständiger vor Ort sein, der den Pegel überwacht, Rückmeldung bei Überschreitungen gibt und unter anderem auch die Verfälschung der Ergebnisse durch Fremdgeräusche ausschließt. Engagierte Beschwerdeführer tendieren beispielsweise mit auffälliger Häufigkeit dazu, selbst allerlei Geräusche zu erzeugen sobald eine schalltechnische Messeinrichtung präsent ist. Die vergleichsweise empfindliche Messung nach DIN 45680 erfordert aber im Prinzip den Ausschluss von Fremdgeräuschen, um aussagekräftige Ergebnisse zu liefern. Der Anwohner muss sich also still verhalten und keine Geräusche von sich geben sowie streng genommen auch geräuschemittierende technische Geräte in der Wohnung abschalten.

Kurzum ist eine Dauermessung in Innenräumen bei jeder Veranstaltung und über die gesamte Veranstaltungsdauer weder für den zu schützenden Anwohner förderlich noch für die zuständigen Messtechniker zumutbar. Es entstehen zudem relativ hohe Kosten für Veranstalter. Die Innenraummessung ist technisch sinnvoll und in der Theorie ein guter Ansatz - in der Praxis aber im Kontext von Veranstaltungen nicht sinnvoll realisierbar.

Weiterhin sind viele Veranstaltungen nur mit Ausnahme-genehmigungen wie z.B. einem „seltenere Ereignis“ (TA Lärm, Freizeitlärmrichtlinien) durchführbar. Die Anhaltswerte der DIN 45680 skalieren jedoch nicht mit Ausnahme-regelungen. Es sind stets feste Anhaltswerte einzuhalten. Erlaubt das „seltene Ereignis“ für eine Veranstaltung z.B. um 10 dB erhöhte Richtwerte, so gilt dies nur für den äquivalenten Dauerschallpegel (A-Bewertung) und nicht für tieffrequente Schalle im Sinne der DIN 45680. Man müsste das Signal der Schallquelle (PA-System) spektral anpassen und tiefe Frequenzen absenken, was jedoch im Sinne der Gewährleistung einer veranstaltungstypischen Beschallung nicht ohne weiteres möglich ist. Bei einer Messung nach DIN 45680 sind die festen Anhaltswerte bei Veranstaltungen mit Ausnahme-genehmigungen in den meisten Fällen überschritten.

Veranstaltungen werden mit dem Normprozedere anhand der gleichen sehr strengen Kriterien beurteilt, die für dauerhaften Emittenten wie Industrieanlagen oder Blockheizkraftwerke gelten. Dabei hat eine Veranstaltung auf das Kalenderjahr gesehen eine deutlich geringere Eintrittshäufigkeit und eine geringere Einwirkdauer. Dieses strenge Maß erscheint zumindest im Kontext einzelner temporärer Veranstaltungen ggf. nicht verhältnismäßig.

Die o.g. Herausforderungen sind den genehmigenden Behörden durchaus bekannt. Die Behörden müssen auf der einen Seite den Schutz der Anwohner gewährleisten – möchten aber andererseits auch Veranstaltungsgeschehen ermöglichen. Beides ist nach aktueller Regelwerkslage in

sehr vielen Fällen formal kaum vereinbar. In der Ausweglosigkeit und in Ermangelung passender formaler Regelungen für Veranstaltungslärm werden tieffrequente Betrachtungen meist ganz aus den Genehmigungen ausgeklammert. Würde man die normgerechten tieffrequenten Betrachtungen strikt und ohne Anpassung anwenden, so wäre kaum eine Veranstaltung genehmigungsfähig. Durch das Ausklammern der Betrachtungen fällt jedoch auf der anderen Seite der Anwohnerschutz zu gering aus, da in diesem Falle nur noch A-bewertete Schalldruckpegel betrachtet werden, die durch ihre Eigenschaften kaum sensibel für tieffrequente Anteile sind. D.h. jede Entscheidung der Behörde auf Basis der aktuellen Regelwerke bevorteilt eine der beiden Interessensgruppen und benachteiligt die andere. Das aktuell übliche Ausklammern der tieffrequenten Betrachtung führt oft zu erhöhter Lärmbelastung der Anwohner, da der Bassanteil messtechnisch nicht reguliert oder überwacht wird und die Veranstalter dazu tendieren, diese Freiheit auszunutzen. Nach Aussage von Behörden und schalltechnischen Sachverständigen kommt es aber inzwischen zu erheblich zunehmenden Beschwerdelagen in diesem Kontext und die Behörden müssen entsprechend reagieren.

Initiierung des Forschungsvorhabens

Die oben geschilderte Herausforderung wurde über geraume Zeit mehrfach von den Behörden an die Autoren herangetragen. Daraufhin wurde eine Arbeitsgruppe gebildet, um ein neues Mess- und Beurteilungsverfahren speziell für tieffrequente Immissionen bei Veranstaltungen zu entwerfen. Ein beim Bundesministerium für Bildung und Forschung eingereicherter Projektantrag unter dem Namen „Tieffrequente Immissionen im Freizeitlärm“ wurde positiv bewertet und das vom Bund geförderte Forschungsvorhaben konnte im Oktober 2022 gestartet werden und wird von der Technische Hochschule Mittelhessen (THM) in Gießen geleitet.

Ziel des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, ein neues Mess- und Beurteilungsverfahren für tieffrequente Immissionen bei Veranstaltungen zu entwerfen und es als Vorschlag den Normungsgremien zuzuleiten. Das Verfahren soll den Behörden eine formal schlüssige Genehmigungsgrundlage unter realistischen Bedingungen liefern und eine angemessene Balance der Interessen zwischen dem Schutzanspruch der Anwohner und der Durchführbarkeit von Veranstaltungen einstellen. Es soll die Spezifika dieser Lärmart und die Umstände im Kontext einer Veranstaltung berücksichtigen sowie möglichst einfach in der Anwendung sein, damit es ohne unverhältnismäßig hohen Aufwand zum Einsatz kommen kann.

Für die Ableitung des Verfahrens muss zunächst eine konsistente Datenbasis geschaffen werden. Dazu sollen im Projekt mehrere Messreihen und Untersuchungen durchgeführt werden. Geplant sind Messungen bei ca. 200 Veranstaltungen. Dabei sollen Pegelverläufe und Spektren im Innenfeld sowie an mehreren Immissionsorten im Umfeld gemessen werden. Parallel sollen die Schalleinwirkungen an den Immissionsorten von schalltechnischen Sachverständigen perzeptiv evaluiert werden. Ggf.

werden auch Anwohner in die Evaluation einbezogen. Weiterhin sollen die schalldämmenden Eigenschaften von Gebäudehüllen bei ca. 120 Prüfobjekten gemessen werden. Hier liegt ein besonderer Fokus auf den tieffrequenten Transmissionseigenschaften, die üblicherweise in der Bauakustik nicht untersucht werden. Daraus sollen abschätzende statistische Kenngrößen gewonnen werden. Neben den Messreihen sollen psychoakustische Untersuchungen durchgeführt werden, um die perzeptiven Eigenschaften der Immissionen von Veranstaltungslärm mit typischen Stimuli zu evaluieren und ggf. spezifische Korrekturfaktoren oder Zuschläge ableiten zu können. Insgesamt sollen Zusammenhänge zwischen Messwerten und subjektiver Wahrnehmung bezüglich der Lästigkeit für typische Stimuli dieser Lärmart untersucht werden. Weiterhin ist geplant, Methoden der künstlichen Intelligenz zur Mustererkennung und zur Ableitung von perzeptiven Eigenschaften aus technischen Messdaten einzusetzen.

Für das zu entwickelnde Verfahren wurden bisher einige Mindestanforderungen festgelegt. Es muss Messungen im Außenbereich ermöglichen und soll in seinen Anhaltswerten mit Ausnahmegenehmigungen skalierbar sein. Es ist von wesentlicher Bedeutung, dass das Verfahren möglichst unkompliziert anwendbar ist, damit eine tatsächliche Umsetzung in der Praxis gewährleistet werden kann und das Verfahren auf Akzeptanz bei den Anwendern stößt. Wichtig ist, dass der Schutzanspruch der Anwohner adäquat berücksichtigt wird ohne dabei die Durchführbarkeit von Veranstaltungen unmöglich zu machen. Dazu müssen auf der anderen Seite sicherlich Kompromisse eingegangen und statistische Abschätzungen und Vereinfachungen herangezogen werden. Das Verfahren wird voraussichtlich verschiedene Einbußen in der Präzision gegenüber anderen komplexeren Verfahren haben. Im Kontext von zeitlich und in der Häufigkeit stark begrenzt auftretenden temporär einwirkenden Veranstaltungen könnte dies aber durchaus als verhältnismäßig eingestuft werden. Von zentraler Bedeutung ist, dass am Ende in der Gesamtbilanz eine realistische Abwägung der Interessen stattfinden kann und den Behörden ein ausreichender Ermessensspielraum zur Verfügung steht, um rechtlich sichere Genehmigungen mit sinnvollen Auflagen erteilen zu können, was nach aktueller Regelwerkslage im Prinzip kaum möglich ist.

An dieser Stelle soll das Forschungsvorhaben frühzeitig in die Community getragen werden, damit externe Anregungen in die Arbeiten einfließen können oder ggf. Kooperationen angestoßen werden können. Die Projektgruppe freut sich über einen konstruktiven Diskurs. Alle Messdaten und Verfahrensschritte sollen veröffentlicht werden, damit die Entstehung des Verfahrens vollständig transparent abläuft und die erhobenen Daten ggf. auch in anderem Kontext verwendet werden können.

Förderung

Herzlichen Dank an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Unterstützung der Arbeiten. Die Förderkennzeichen lauten: 13FH547KA0 und 13FH547KB0.

Literatur

- [1] DIN 15905-5:2022-07, Veranstaltungstechnik - Ton-technik - Teil 5: *Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik.*
- [2] Hans-Jörg Ederer, Max Händel, Andreas Nicht, Axel Roy, Sebastian Seifert, Christoph Stüber, Holger Trepte und Hartmut Zschaler (2019). *Ergänzung zur Sächsischen Freizeidlärmstudie, Überprüfung, Aktualisierung und Fortschreibung von Emissionskenngrößen und Prognoseverfahren für Beschallungsanlagen im Freien.*
- [3] Axel Roy und Andreas Nicht (2019). *Schall-Immissionsschutz bei Open-Air-Veranstaltungen, aktuelle Messergebnisse.* DAGA Rostock 2019.
- [4] Adam J. Hill, Malcom O.J. Hawksford, Adam P. Rosenthal and Gary Gand (2010). *Subwoofer positioning, orientation and calibration for large-scale sound reinforcement.* AES Convention Paper 7971, 128th Convention, London, UK.
- [5] Graham P. Frost (1987). *An investigation into the microstructure of the low frequency auditory threshold and of the loudness function in the near threshold region.* Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 6:34-39.
- [6] Norman S. Yeowart, Margaret E. Bryan, and William Tempest. (1967). *The monaural m.a.p. threshold of hearing at frequencies from 1.5 to 100 c/s.* Journal of Sound and Vibration, 6:335-342.
- [7] Detlef Krahe, Dirk Schreckenberger, Fabian Ebner, Christian Eulitz und Ulrich Möhler (2014). *Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall.* Nummer 1948 in UBA-FB. Umweltbundesamt, Wuppertal [u.a.].
- [8] Juliana Araújo Alves, Filipa Neto Paiva, Lígia Torres Silva and Paula Remoaldo (2020). *Low-frequency noise and its main effects on human health - A review of the literature between 2016 and 2019.* Applied Sciences, 10:5205.
- [9] DIN 45680:1997-03: *Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft.*
- [10] Research Institute for Exhibition and Live-Communication (2020). *Die Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Veranstaltungsbranche.* Meta-Studie im Auftrag der IGWV. http://rifel-institut.de/fileadmin/Rifel_upload/3.0_Forschung/MetaStudie_gesamtwirtschaftliche_Bedeutung_der_Veranstaltungsbranche_RIFEL.pdf