

Vergleich von Softwarelösungen zur Berechnung der Schallübertragung nach DIN 4109-2:2016-07

Christian Voit¹, Michael Gierga², Martin Schneider³

¹HEBO – Ingenieurbüro Henrich Bochum, 44789 Bochum, E-Mail: cv@hebo.de

²Kurz und Fischer GmbH, 46244 Bottrop, E-Mail: bottrop@kurz-fischer.de

³Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, E-Mail: martin.schneider@hft-stuttgart.de

Einleitung

Die Berechnung der Schallübertragung zwischen Räumen zählt zu einer alltäglichen Aufgabe des bauphysikalischen Fachingenieurs. Eine rechnerische Ermittlung der zu erwartenden Schalldämmung von Konstruktionen wird neben der schallschutztechnischen Dimensionierung von Bauteilen in Neubauten, auch zur Überprüfung von Bauteilen in Bestandsgebäuden genutzt. Um die Schalldämmung eines Bauteils zu ermitteln, hat der Normausschuss Bauwesen (NABau) des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) das Dokument „DIN 4109: Schallschutz im Hochbau“ veröffentlicht, in dem ein Verfahren und zusätzliche Hinweise zur Berechnung enthalten sind.

Das „alte“ Berechnungsverfahren des Beiblatt 1 der DIN 4109:1989-11 erfolgte im Wesentlichen in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse des Trennbauteils. Weitere Parameter, die ebenfalls einen maßgeblichen Einfluss auf die tatsächlich erreichbare Schalldämmung des Bauteils haben können, wurden außer Acht gelassen oder nur pauschal berücksichtigt. Dies zog neben einem eingeschränkten Anwendungsbereich auch eine gewisse Ungenauigkeit der Prognose-Ergebnisse mit sich.

Mit dem Ziel einer höheren Prognosegenauigkeit insbesondere bei inhomogenen Konstruktionen wurde daher im Juli 2016 eine Neufassung der DIN 4109 veröffentlicht, welche eine komplette Neuerarbeitung im Hinblick auf die Anpassung an die Europäischen Normen beinhaltet. Obwohl die bauaufsichtliche Einführung der Norm in den meisten Bundesländern Deutschlands, mit Ausnahme von Hessen und Baden-Württemberg, noch aussteht, gilt sie heutzutage allgemein als anerkannte Regel der Technik und wird zur Berechnung der Schallübertragung in Erwägung gezogen. Auch wenn für den Teil 2 der DIN 4109 die vereinfachten Rechenverfahren der Normenreihe DIN EN 12354 herangezogen wurde, ist die Berechnung durch eine detaillierte Betrachtung der Flankenbauteile, der Bauteilgeometrie und der baulichen Situation wesentlich komplexer geworden. Auch aus diesem Grund greifen immer mehr Ingenieure auf die Nutzung von Softwarelösungen zurück.

Im Laufe der Jahre haben sich auf dem Markt einige, zum Teil sehr verschiedene Werkzeuge zur Berechnung der Schallübertragung nach dem Verfahren der DIN 4109-2:2016-07 etabliert. Diese Programme werden wiederum teilweise kostenlos aber auch kostenpflichtig angeboten und unterscheiden sich stellenweise stark in ihrem Berechnungsumfang sowie in der Art der Anwendung.

Besonders für Berufseinsteiger stellt sich an dieser Stelle die Frage, welche der so genannten Schallrechner für die eigene Nutzung in Erwägung gezogen werden sollten.

Untersuchung

Die im Folgenden kurz dargestellte Untersuchung der Softwarelösungen fand im Zuge einer Bachelor-Thesis an der Hochschule für Technik Stuttgart statt.

Nach einer umfassenden Recherche über auf dem Markt erhältliche Software zur Berechnung der Schallübertragung, wurden ausschließlich Berechnungswerkzeuge miteinander verglichen, die auf das Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07 und die Bauteilkataloge der Teile 31 bis 36 zurückgreifen. Es konnten insgesamt acht Softwarelösungen ausfindig gemacht werden. Diese sind in **Tabelle 1** dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über untersuchte Softwarelösungen

Software	Herausgeber/Entwickler
Kalksandstein-Rechner	Bundesverband Kalksandstein e.V.
Bauphysik-Modul Schall 4.0	Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V.
Dämmwerk	Kern Ingenieurkonzepte
Hanneforth	Dipl.-Ing. M. Hanneforth
EVA	Ingenieurbüro Leuchter
Schallplan	Schultheis Software
Rigips-Rechner ¹	Saint-Gobain Rigips GmbH
DW Systembau ¹	DW Systembau GmbH
¹ kostenlos zugängliche Website-Anwendung	

Die oben genannten Berechnungswerkzeuge wurden in zwei verschiedenen Verfahren geprüft:

Im ersten Teil der Untersuchung wurden die Schallrechner anhand speziell ausgewählter Kriterien miteinander verglichen. Anhand der Vergleichskriterien konnten für jede Software Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Berechnungsverfahren der DIN 4109:2016-07 implementiert sind und ob nutzerfreundlichen Eigenschaften vorhanden sind oder nicht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Matrix über Berechnungsmöglichkeiten, Situations- und Bauteilmodellierung und Nutzerfreundlichkeit je Software

		KS-Rechner KALKSANDSTEIN	Ziegel-Rechner LEBENSRAUM ZIEGEL	Dämmwerk DÄMMWERK	Hanneforth	EVA EVA	Schalplan Schalplan	Rigips-Rechner Rigips	DW-Systembau DW SYSTEMBAU	
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Berechnungsfunktionen										
Massivbau	Luftschall	horizontal	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
		vertikal	grün	grün	grün	grün	grün	rot	grün	grün
		zweischalige WTW	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	rot
		Außenlärm	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	rot
Trittschall	vertikal nach unten	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	grün	
	and. räumliche Anordnungen	rot	grün	rot	grün	rot	grün	rot	rot	
Leicht-, Holz- & Trockenbau	Luftschall	horizontal	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
		vertikal	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
		Außenlärm	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
	Trittschall	rot	rot	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
Situations- und Bauteilmodellierung										
Bauteil-/Materialkatalog o. -datenbank		grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
Flankenanbindung	X-Stoß	grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
	T-Stoß	grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
	abgeklinkter T-Stoß	grün	grün	rot	grün	rot	grün	rot	rot	
	Entkopplungsmöglichkeiten	grün	grün	rot	grün	rot	grün	rot	rot	
individuelle Eingabemöglichkeiten	bauphysikalische Eigenschaften	Rohdichte	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
		Schalldämm-Maße	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
		Stoßstellendämm-Maße	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
	geometrische Eigenschaften	Kopplungslängen	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
		Flächen oder Volumina	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
Nutzerfreundlichkeit										
grafische Abbildung des Übertragungssystems		grün	grün	rot	rot	grün	rot	rot	rot	
Ausgabe von Zwischenergebnissen		grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
Eingabe-/Anwendungshilfen	Anleitungsdokumente		grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	
	Berechnungshilfen	integr. Taschenrechner	grün	grün	grün	grün	rot	rot	rot	
		Formelverweise	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden die Programme in der Anwendung getestet. Es wurden fünf unterschiedliche bauliche Situationen ausgewählt, in die Softwares eingegeben und die Berechnungsergebnisse der Rechner untereinander und mit von Hand ermittelten Berechnungsergebnissen gemäß den Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2:2016-07 verglichen. Abbildung 1 zeigt als Beispiel eine mit den Softwarelösungen rechnerisch überprüfte horizontale Übertragungssituation durch eine Wohnungstrenndecke.

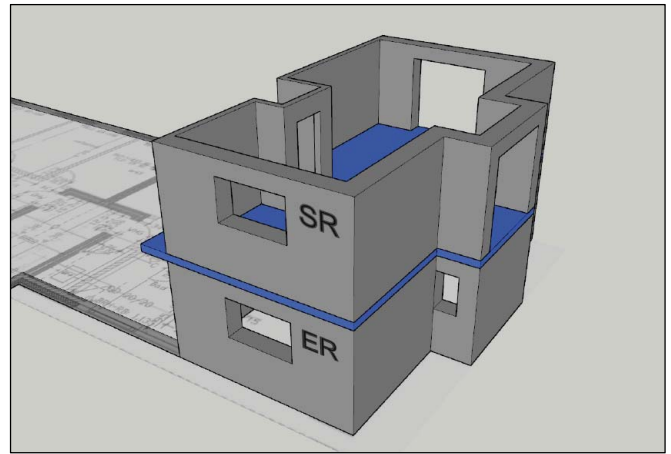


Abbildung 1: Rechnerisch überprüfte bauliche Situation

Durch den Vergleich der zum Teil voneinander abweichenden, berechneten Endergebnisse der Softwarelösungen konnten neben weiteren Erkenntnissen über die Berechnungsmöglichkeiten auch Berechnungsfehler aufgedeckt werden und durch genauere Betrachtung der Zwischenergebnisse die Ursache dafür ermittelt werden.

Ergebnisse und Bewertung

Der auf der rechten Seite dargestellten Tabelle 2 lassen sich die geprüften Vergleichskriterien für jede Software entnehmen. Ein grün ausgefülltes Kästchen bedeutet, das jeweilige Kriterium ist erfüllt, ein rotes zeigt: nicht erfüllt. Durch die gewählte Matrix-Darstellungsform ist für jede untersuchte Softwarelösung schnell ersichtlich, wie groß der allgemeine Berechnungsumfang ist, wie umfassend die Möglichkeiten der Situations- und Bauteilmodellierung sind und ob die Software nutzerfreundliche Eigenschaften aufweist oder nicht.

Um für jede Softwarelösung konkrete Aussagen zur Gebrauchstauglichkeit zur Berechnung der Schallübertragung nach DIN 4109-2:2016-07 treffen zu können, wird im Folgenden auf jeden Schallrechner individuell eingegangen. Während diese Aussagen zum einen auf der Auswertung der Tabelle 2 basieren, werden an dieser Stelle weitere Erkenntnisse genannt, die sich bei der Eingabe konkreter baulicher Situationen herausstellten, oder solche, die bei der allgemeinen Benutzung der Softwarelösungen aufkamen.

Kalksandstein-Rechner

Der Kalksandstein-Rechner des Bundesverbands Kalksandsteinindustrie e.V. bietet als kostenlos erhältliche Softwarelösung ein umfangreich gestaltetes Berechnungs-Tool zur Berechnung der Schallübertragung in Gebäuden mit einer hohen Gebrauchstauglichkeit. Bis auf die Berechnung der Trittschallübertragung bei unterschiedlichen räumlichen Anordnungen gemäß DIN 4109-2:2016-07 Tabelle 2, sowie im Leichtbau, deckt die Software nahezu alle Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07 vollständig ab und liefert, soweit die Untersuchungen reichten, korrekte Ergebnisse. Lediglich werden bei der Berechnung der Übertragung von Außenlärm in Fällen mit mehr als einem Außenbauteil nicht alle tatsächlich zu berücksichtigen Flankenbauteile einbezogen.

Die übersichtliche Benutzeroberfläche erklärt sich bei der Eingabe von Übertragungssituationen im Wesentlichen von selbst und birgt unter anderem durch das grafisch ansehnlich gestaltete 3D-Raummodell eine hohe Nutzerfreundlichkeit.

Preis: kostenfrei

Bauphysik-Modul Schall 4.0

Auch der Ziegel-Rechner der *Arge Mauerziegel e.V.* verspricht eine hohe Gebrauchstauglichkeit für die Berechnung der Schallübertragung in Gebäuden. Bis auf die Berechnung der Trittschallübertragung von Leichtbau-Decken sind alle Berechnungsmöglichkeiten nach DIN 4109-2:2016-07 implementiert. Ein umfangreicher Bauteilassistent verbunden mit einer großen Baustoffdatenbank ermöglichen einen präzisen Schichtaufbau, auch im Bereich des Leichtbaus.

Die Untersuchungen zeigten, dass die Stoßstellenkorrekturwerte ΔK_{ij} von entkoppelten Gipsdielewänden nach Tabelle 7 aus DIN 4109-32:2016-07 nicht im Programm hinterlegt sind. Des Weiteren ergab sich, dass bei schalltechnischer Entkopplung von Massivbauteilen durch elastische Zwischenschichten immer von einer dynamischen Steifigkeit von $s' = 100 \text{ MN/m}^3$ ausgegangen wird und daher ein Verbesserungs-Maß von 6 dB addiert wird.

Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse in einem Excel-Report birgt zusätzliche Vorteile, wie zum Beispiel die einfache Eingabe zusätzlicher Hinweise zu den Berechnungsergebnissen oder Bauteilaufbauten.

Preis: ca. 70 Euro

Dämmwerk

Tabelle 2 zeigt, dass die Software Dämmwerk der Firma *KERN Ingenieurkonzepte* aus Berlin neben der Berechnung der Trittschallübertragung in verschiedenen räumlichen Anordnungen gemäß DIN 4109-2:2016-07 Tabelle 2, alle Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07, sowohl im Massiv- als auch im Leichtbau, abbildet. Abzüge gibt es jedoch bei den Modellierungsmöglichkeiten des Übertragungssystems, da weder der abknickende T-Stoß berechnet werden kann, noch jegliche Möglichkeiten zur Entkopplung von Bauteilen berücksichtigt sind.

Dämmwerk weist aufgrund einer von den anderen Softwarelösungen abweichenden Eingabemethode anhand eines Berechnungsprotokolls und keinerlei grafischer Darstellung des Übertragungssystems eine auf den ersten Blick eher unübersichtlich erscheinende Software-Umgebung auf. Sofern auf die Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07 zurückgegriffen wird, sind in der Software dennoch zum Teil alte Begrifflichkeiten der DIN 4109:1989-11, wie zum Beispiel $R'_{w,R}$ für R'_w , zu finden, die den Nutzer verwirren können, da mit der Software grundsätzlich nach beiden Verfahren gerechnet werden kann.

Dass Dämmwerk etliche weitere Berechnungsmöglichkeiten in anderen bauphysikalischen Bereichen, wie Wärme-, Feuchte- und Brandschutz, sowie Raumakustik und thermische Simulation, zur Verfügung stellt, kann in die

Bewertung zwar nicht positiv eingehen, sollte an dieser Stelle aber nicht unerwähnt bleiben.

Preis: ca. 370 Euro

Hanneforth

Das *Ingenieurbüro Hanneforth* für Bauphysik in Essen entwickelt seit 1989 Software für den baulichen Schall- und Wärmeschutz.

Die eigens programmierte Software „DIN 4109, Schallschutz im Hochbau“ bildet gemäß Tabelle 2 alle Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07 ab.

Die Gebrauchstauglichkeit ist jedoch auch in dieser Software eingeschränkt. So wird zum Beispiel die Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ vollständig außer Acht gelassen, welche nach der Norm unter anderem bei Trennflächen kleiner 10 m^2 als Kenngröße herangezogen werden muss. Weiterhin ist in der Untersuchung aufgefallen, dass keine Entkopplungsmöglichkeiten beim abknickenden T-Stoß gegeben sind, und dass in Skelettbauweise die Bauteilaufbauten von flankierenden Leichtbauteilen auf beiden Seiten eines massiven Trennbauteils identisch sein müssen.

Preis: ca. 400 Euro

EVA

„EVA – Die Schallschutzexpertin“ des *Ingenieurbüros Leuchter* aus Wuppertal ermöglicht als einzige downloadfähige Softwarelösung weder die Berechnung der zweischaligen Wohnungstrennwand, noch die von Außenbauteilen. Weiterhin fehlt die Berechnung der Trittschallübertragung in unterschiedliche räumliche Anordnungen gemäß DIN 4109-2:2016-07 Tabelle 2 und die Luft- und Trittschallberechnung im Leichtbau.

Beim Vergleich der Norm-Trittschallpegel-Ergebnisse der überprüften baulichen Situationen fiel auf, dass der Korrekturwert K für die flankierende Übertragung nicht berücksichtigt wird. Dies hat in den untersuchten Situationen Abweichungen bis zu 3 dB mit sich gezogen.

Unter Betrachtung der vielen Einschränkungen und des hohen Kaufpreises von ca. 600 Euro wird EVA mit einer unterdurchschnittlichen Gebrauchstauglichkeit zur Berechnung der Schallübertragung gemäß den Verfahren der DIN 4109-2:2016-07 bewertet.

Preis: ca. 600 Euro

Schallplan

Die Softwarelösung Schallplan des Unternehmens *Schultheis Software* aus München ist mit ca. 800 Euro das teuerste Programm zur Berechnung der Schallübertragung gemäß DIN 4109-2:2016-07.

Einschränkungen in der Berechnung finden sich auf der einen Seite durch die nicht implementierten Verfahren für den Leichtbau. Auch wenn im Massivbau ein großer Berechnungsumfang zur Verfügung steht, gibt es im Bereich der Situationsmodellierung Grenzen. Für die Bauteilmodel-

lierung gibt es zunächst keinen Bauteil- oder Materialkatalog. Nach erstmaliger manueller Eingabe, können diese Daten jedoch gespeichert werden. Bei der Ausbildung der Stoßstellen stehen keine Entkopplungsmöglichkeiten zur Verfügung und für Stoßstellendämm-Maße existieren keine individuellen Eingabemöglichkeiten.

Eine von den anderen Softwarelösungen abweichende Eingabemethode und die nicht implementierte Darstellung des Übertragungssystems machen die Arbeit mit Schallplan gewöhnungsbedürftig.

Preis: ca. 800 Euro

Rigips-Rechner (Website-Anwendung)

Wie die Softwarebezeichnung und die Nutzungsbedingungen des Rigips-Schallschutzrechners der *Saint-Gobain GmbH* bereits andeuten, eignet sich das online anwendbare Berechnungswerkzeug ausschließlich für Übertragungssituationen mit Leichtbauteilen oder Bauteilen mit Vorsatzschalen der Firma Rigips. Neben der eigenen Produktpalette für Unterdecken, Gipskartonwände etc. sind aber auch DIN-Bauteile der Teile 32 und 34 der DIN 4109:201-07 in der Datenbank enthalten, was eine durchaus gute Gebrauchstauglichkeit für die horizontale Luftschallübertragung auch im Skelettbau mit sich zieht. Dennoch bleibt der Nutzer an die Auswahl der vorhandenen Bauteile gebunden und ist insgesamt in den Berechnungsmöglichkeiten eingeschränkt.

Preis: kostenfrei

DW Systembau (Website-Anwendung)

Die mit dem Berechnungs-Tool der *DW Systembau GmbH* durchgeführten Berechnungen eignen sich laut Website-Angaben nur als „Vorbemessung über Schallübertragung im Wohnungsbau“. Vor diesem Hintergrund birgt das Werkzeug eine zugleich gute, aber auch stark eingeschränkte Gebrauchstauglichkeit. Die Voraussetzung standardisierter und nur begrenzt veränderbarer Rahmenbedingungen, wie Raumabmessungen und Annahmen zur Ausführung von Trittschalldämmung und Vorsatzschalen, macht die Eingabe projektspezifischer baulicher Situationen unmöglich. Soll wirklich nur eine schnelle Prognose-Berechnung der Schallübertragung in einem Wohngebäude mit BRESPA-Decken erfolgen, so kann die Softwarelösung von DW-Systembau durchaus in Erwägung gezogen werden.

Preis: kostenfrei

Fazit

Die untersuchten Softwarelösungen bieten allesamt Hilfestellung bei der Berechnung der Schallübertragung nach den Berechnungsverfahren der DIN 4109:2016-07. Jedoch setzt keine Software den gesamten Inhalt der Norm um und Nutzer können unter Verwendung keiner Software voll und ganz auf die DIN 4109 verzichten. So müssen beispielsweise Bauteil-/aufbauten aus den Bauteilkatalogen der Teile 31 bis 36 entnommen werden oder Flankendämm-Maße verschiedener Bauteilanschlüsse im Voraus von Hand berechnet werden.

Dennoch gibt es grundlegende Unterschiede zwischen den Programmen. Während Schallplan und EVA in den Berechnungsfunktionen eingeschränkt sind, machen Kalksandstein, Ziegel und Hanneforth einen grundlegend besseren Eindruck und sind zu empfehlen.

Auch wenn sich die Softwarelösungen in den Anschaffungskosten zum Teil deutlich unterscheiden, liegen sie allgemein im unteren Preisniveau für bauphysikalische Spezialsoftware. Sofern die Berechnungsverfahren der DIN 4109:2016-07 vollständig abgebildet sind und auf die Einsicht in die Normungsdokumente bei der Berechnung mehr oder weniger verzichtet werden kann, sind Ingenieure durchaus dazu bereit, mehrere hundert Euro zu investieren.