

Bemessung nach E DIN 4109:2013 – Genauigkeit des Prognoseverfahrens für den Massivbau

Kai Naumann

Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH, 14797 Kloster Lehnin, E-Mail: kai.naumann@xella.com

Einleitung

Die Schallschutzbemessung für den Mehrgeschossbau befindet sich seit einigen Jahren im Umbruch und wird an europäische Bemessungsregeln nach EN 12354:2000 angepasst. Seit November 2013 sind die Entwürfe der DIN 4109 veröffentlicht. Das Prognoseverfahren der zu erwartenden Luftschalldämmung im Massivbau wird sich gegenüber den Regelungen aus dem Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 zum großen Teil erheblich ändern.

Die Bauakustik-Prüfstelle der Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Güteprüfungen zur Ermittlung der Schalldämmung von Wohnungstrennwänden und Wohnungstrenndecken in Mehrfamiliengebäuden durchgeführt. Die Außenwände der betrachteten Gebäude bestehen ausschließlich aus verputztem Mauerwerk aus Porenbeton. Die Innenwände waren vorwiegend aus Mauerwerk aus Porenbeton oder Kalksandstein hergestellt. In wenigen Fällen waren Innenwände in Trockenbauweise oder Stahlbeton vorhanden. Es wird ein Vergleich zwischen Prüfergebnissen dieser Güteprüfungen und den nach E DIN 4109-2:2013 ermittelten Rechenwerten des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_{w} vorgestellt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wird diskutiert, welche Unsicherheit in der Berechnung angesetzt werden muss, um eine ausreichend hohe Planungssicherheit zu erreichen. Dieser Bericht ist eine Fortsetzung der Vorstellung der Prüf- und Rechenergebnisse, welche auf der DAGA 2014 präsentiert wurden. Ergänzend werden die Vergleichsrechnungen auf verschiedene Schwerpunkte hin überprüft.

Beschreibung der betrachteten Bauteile

Es wurden insgesamt 77 Güteprüfungen in zehn Gebäuden durchgeführt, die in verschiedenen Regionen Deutschlands liegen. Die Außenwände der betrachteten Bauvorhaben bestehen aus Porenbeton der Marke Ytong. Die Innenwände, die als flankierende Bauteile an der Schallübertragung beteiligt sind, bestehen aus Kalksandstein der Marke Silka oder ebenfalls aus Ytong Porenbeton. Selten wurden Innenwände aus Stahlbeton oder in Trockenbauweise vorgefunden. Die Geschossdecken bestehen jeweils aus Stahlbeton und haben schwimmende Nassestriche. Alle Bauteilaufbauten variieren je nach Bauvorhaben in ihren Dicken sowie in den verwendeten Rohdichteklassen der Massivbaustoffe.

Die Grundrissituationen der aneinander grenzenden Räume, zwischen denen die Schalldämmung durch bauakustische Güteprüfungen ermittelt wurde, waren sehr unterschiedlich. Sowohl bei den Messungen der Decken, als auch der Wände, waren die Grundrisse häufig symmetrisch. Es gab aber auch

zahlreiche Objekte, bei denen die Räume horizontal bzw. vertikal versetzt zueinander angeordnet waren und die Raumgeometrie nicht gleich war. Was die Herausforderung bei der rechnerischen Nachweisführung noch erhöhte war die Tatsache, dass die flankierenden Bauteile dies- und jenseits der Trennbauteile unterschiedlich aufgebaut waren bzw. aus verschiedenen Baustoffen bestanden. Bei jeder Bauteilprüfung wurde die Raumgeometrie gemessen und mit den Planunterlagen abgeglichen. Beschreibungen zu den verwendeten Baustoffen sowie den Bauteilaufbauten wurden Plänen entnommen oder durch die Bauleitung angegeben. Ferner fanden sich präzise Angaben in Lieferscheinen bzw. es konnten Informationen durch den Baustofflieferanten zum bestellten Material gemacht werden. Somit konnten die Baustoffe und Konstruktionen so gut wie möglich bestimmt werden.

Es wurden 16 einschalige biegesteife Wohnungstrennwände aus Kalksandstein der Marke Silka, eine mehrschalige Wohnungstrennwand aus Stahlbeton mit zwei Trockenbauvorsatzschalen, 56 Wohnungstrenndecken aus Stahlbeton mit jeweils schwimmenden Nassestrichen sowie vier einschalige Innenwände aus Porenbeton messtechnisch untersucht. Nur einige Gebäude bzw. Gebäudebereiche waren zum Zeitpunkt der Messungen bereits bewohnt. Ansonsten fanden die Messungen kurz vor Fertigstellung der Bauvorhaben statt.

Prämissen für Prüfungen und Auswertungen sowie Berechnungsmethoden

Grund der Messungen waren keine Reklamationen seitens der Bewohner. Vielmehr handelte es sich um Messungen im Rahmen von Forschungsaufgaben oder aber als Serviceleistung zur Begleitung der Planung und Ausführung der betreffenden Gebäude.

Die Güteprüfungen fanden alle vor Juni 2014 statt und wurden daher noch gemäß DIN EN ISO 140-4:1998 durchgeführt. Die Auswertungen des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,B}$ erfolgten nach DIN EN ISO 717-1:2013 mit einer Nachkommastelle.

Seit Juni 2014 ersetzt DIN EN ISO 16283-1 die vorhergehende bauakustische „Messnorm“ DIN EN ISO 140-4:1998. Güteprüfungen basierend auf DIN EN ISO 16283-1 sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Die Rechenwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ wurden ermittelt nach E DIN 4109-2:2013 in Verbindung mit den Teilen E DIN 4109-31:2013 bis E DIN 4109-34:2013. Für die Gebäudesituationen, bei denen die gemeinsame Trennfläche der beiden einander angrenzenden Räume kleiner als 8,0 m² war, wurde die Mindesttrennfläche

von $S_S = 8,0 \text{ m}^2$ gemäß E DIN 4109-2:2013, Abschnitt 4.2.2 angesetzt.

In [7] wurde ausführlich dargestellt, welche Einflussfaktoren die Güte der vorhandenen Prüfergebnisse aus Baustellenmessungen beeinflussen. Hier sei nur noch einmal erwähnt, dass Prüfwerte von den hier dargestellten Auswertungen ausgeschlossen wurden, bei denen

- große Schallübertragung über Schallnebenwege während der Messungen
- hoher Fremdgeräuschanteil
- Ausführungsfehler

während bzw. nach den Messungen festgestellt wurden.

Vergleich der Rechenwerte mit den ermittelten Prüfergebnissen für alle mängelfreien Bauteile und Güteprüfungen

Das Prognoseverfahren nach E DIN 4109-2:2013 beruht auf einer mängelfreien Ausführung. Der später noch diskutierte Sicherheitsbeiwert ist kein Instrument, um Baumängel oder Messungenauigkeiten beispielsweise wegen Nebenwegübertragungen zu kompensieren. Aus diesem Grunde werden im Folgenden nur die 65 Prüfwerte von Bauteilen herangezogen, die mängelfrei ausgeführt wurden und die zweifelsfrei durch fehlerfreie, aussagekräftige Güteprüfungen ermittelt wurden.

In den folgenden Abbildungen sind den Rechenwerten $R'_{w,R}$ auf der horizontalen x-Achse die zugehörigen Prüfwerte $R'_{w,B}$ auf der y-Achse zugeordnet. Die Winkelhalbierende markiert den Bereich bei dem der Prüfwert gleich dem Rechenwert ist. Liegt ein Punkt oberhalb dieser Winkelhalbierenden, so ist der Prüfwert besser als der Rechenwert. Liegt ein Punkt unterhalb der Geraden, so ist die Rechenprognose verfehlt, da sie nicht durch die Messung bestätigt werden konnte.

In den in Abbildung 1 dargestellten Rechenwerten ist noch kein Sicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Prognoseunsicherheit enthalten.

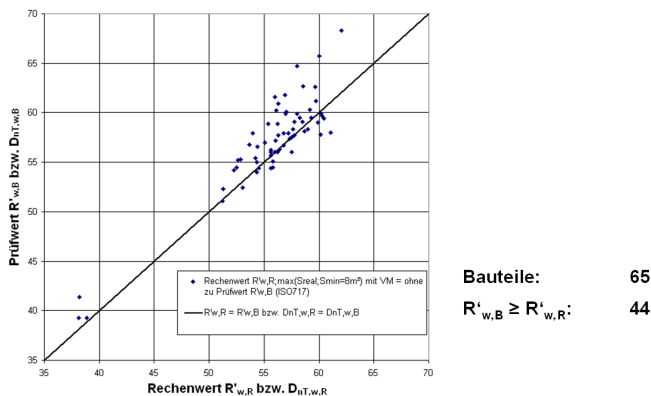


Abbildung 1: Vergleich Rechenwert $R'_{w,R}$ gemäß E DIN 4109-2 (ohne Sicherheitsbeiwert) mit Prüfwert $R'_{w,B}$ für alle mängelfreien Bauteile bzw. ausreichend hoher Signal-Rausch-Abstand

Von den dargestellten 65 Bauteilen erreichen oder überschreiten 68 % der Prüfwerte den Rechenwert.

Die Unsicherheit des Prognoseverfahrens wird gemäß E DIN 4109-2 durch die Anwendung eines Sicherheitsbeiwertes von pauschal 2 dB berücksichtigt. Ziel ist, dass mindestens 84 % aller gemäß E DIN 4109-2 dimensionierten Bauteile den jeweiligen Zielwert erreicht oder übersteigt. Gemäß Gleichung (1) der zitierten Norm muss der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes um diese 2 dB reduziert werden und diese Summe muss mindestens so groß sein, wie der Anforderungswert. Darüber hinaus bietet die Norm im informativen Anhang B ein Verfahren an, mit dem detailliert die Unsicherheit berechnet werden kann.

Bereits bei einem Abzug des Sicherheitsbeiwertes von 1,0 dB vom Rechenwert ergibt sich das in Abbildung 2 gezeigte Ergebnis.

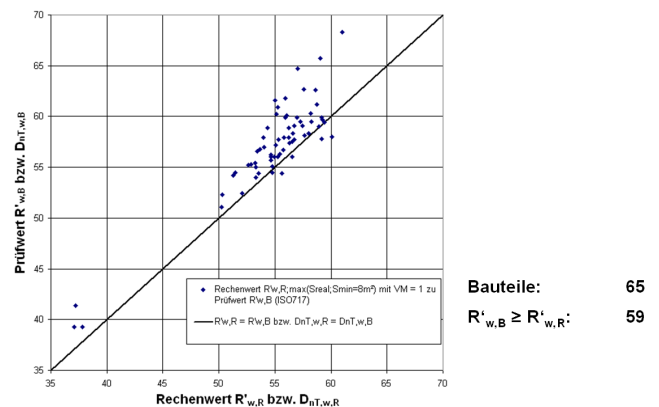


Abbildung 2: Vergleich Rechenwert $R'_{w,R}$ gemäß E DIN 4109-2 (mit Sicherheitsbeiwert = 1,0 dB) mit Prüfwert $R'_{w,B}$ für alle mängelfreien Bauteile bzw. ausreichend hoher Signal-Rausch-Abstand

Bei 91 % der betrachteten, mängelfrei ausgeführten Bauteile erreicht oder übersteigt der Prüfwert den Bemessungswert nach E DIN 4109-2.

Unterteilt man die Bauteile nach Wänden und Decken, so zeigen sich ähnliche prozentuale Verteilungen. Abbildung 3 zeigt die Darstellung für die Wohnungstrennwände und Innenwände.

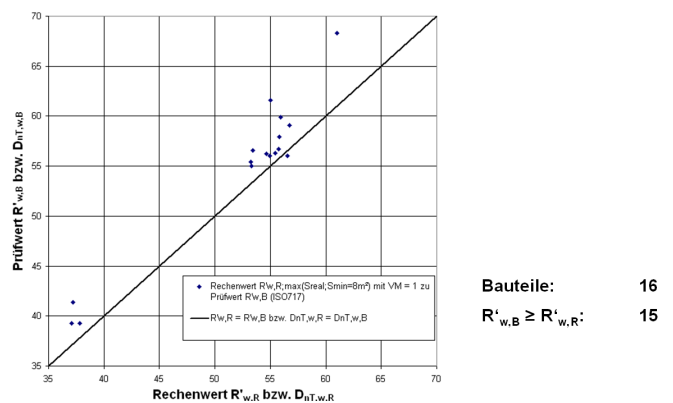


Abbildung 3: Vergleich Rechenwert $R'_{w,R}$ gemäß E DIN 4109-2 (mit Sicherheitsbeiwert = 1,0 dB) mit Prüfwert $R'_{w,B}$ für alle Wände

94 % der betrachteten, mängelfrei ausgeführten Wände erreichen mit dem Prüfwert jeweils den Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes.

Folgende Abbildung 4 zeigt analog die Auswertung für die Decken.

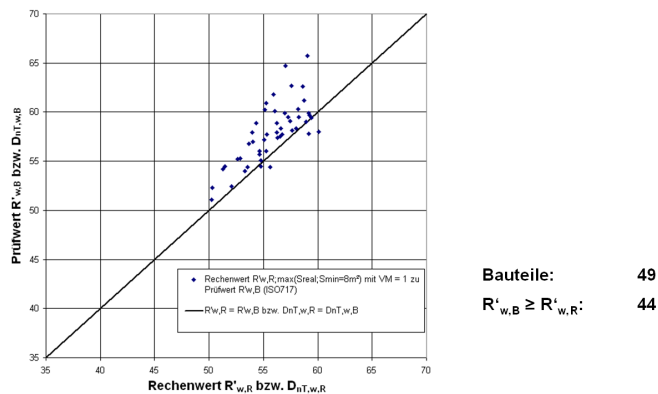


Abbildung 4: Vergleich Rechenwert $R'_{w,R}$ gemäß E DIN 4109-2 (mit Sicherheitsbeiwert = 1,0 dB) mit Prüfwert $R'_{w,B}$ für alle Decken

91 % der betrachteten, mängelfrei ausgeführten Decken erreichen mit dem Prüfwert jeweils den Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes, sofern ein Sicherheitsbeiwert von 1 dB berücksichtigt wird.

Ergebnisauswertung bezogen auf die Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$

Während der Erarbeitung der Entwürfe zur Normenreihe E DIN 4109 gab es kontroverse Diskussionen über die zukünftige Bemessungsgröße. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes war das bewertete Schalldämm-Maß R'_w weiterhin die Größe, mit und auf die die Nachweisführung zu erfolgen hat. Die vorliegenden Prüf- und Rechenwerte wurden auch als bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ ausgewertet. Die Graphik ist in Abbildung 5 zu sehen.

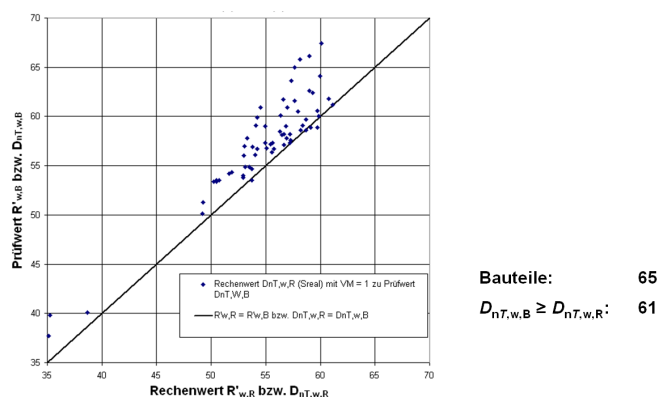


Abbildung 5: Vergleich Rechenwert $D_{nT,w,R}$ gemäß E DIN 4109-2 (mit Sicherheitsbeiwert = 1,0 dB) mit Prüfwert $D_{nT,w,B}$ für alle mängelfreien Bauteile/Prüfergebnisse

Beim Vergleich Prüfwert vs. Rechenwert der bewerteten Standardschallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ erreichen 94 % der Prüfergebnisse den Rechenwert.

Vergleich der Rechenwerte nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 mit den Prüfergebnissen

Für die 65 Prüfergebnisse, die im Sinne der oben genannten Beschreibung als mängelfrei gelten, wurden auch die Rechenwerte nach bzw. in Anlehnung an Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 errechnet. Für manche Grundrissituationen ließ sich der Rechenwert $R'_{w,R}$ nur in Anlehnung an das genannte Regelwerk bilden, da beispielsweise Sende- und Empfangsraum einer Bauteilprüfung komplex versetzt zueinander angeordnet waren oder das Bemessungsverfahren für unterschiedliche flankierende Bauteile beiderseits der Trennkonstruktion keine eindeutige Rechenvorschrift vorsieht.

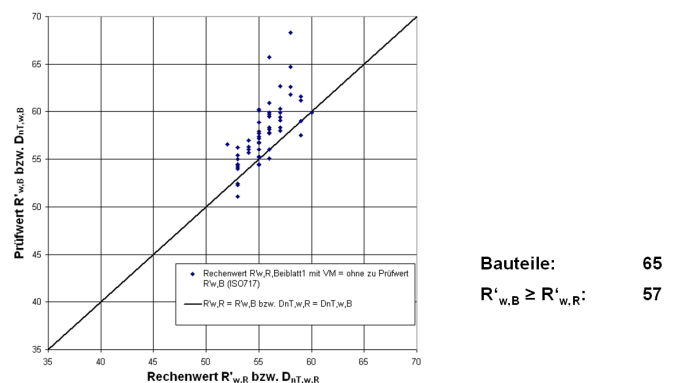


Abbildung 6: Vergleich Rechenwert $R'_{w,R}$ nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 (ohne „zusätzlichen“ Sicherheitsbeiwert) mit Prüfwert $R'_{w,B}$ für alle mängelfreien Bauteile bzw. ausreichend hoher Signal-Rausch-Abstand

In der Graphik in Abbildung 6 sind wiederum auf der x-Achse die Rechenwerte angegeben. Anhand der Ausrichtung der Punkteschar je Einzahlwert des bewerteten Schalldämm-Maßes erkennt man, dass die Auswertung in Ganzzahlschritten erfolgte. Die Ergänzung „zusätzlich“ in der Texterläuterung der Abbildung 6 verdeutlicht, dass in dem Bemessungsverfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 bereits ein Sicherheitskonzept in Form des „Vorhaltemaßes“ integriert ist. Dies erklärt möglicherweise die gute Übereinstimmung zwischen Rechen- und Prüfwert.

Zusammenfassung

In 77 Güteprüfungen wurde das bewertete Schalldämm-Maß von Wohnungstrenndecken, Wohnungstrennwänden und Innenwänden bestimmt. Die flankierenden Außenwände der betrachteten Gebäude bestehen aus Porenbeton. Die Innenwände bestehen aus Porenbeton, Kalksandstein, Stahlbeton bzw. Trockenbaukonstruktionen. Für den detaillierten Vergleich der Prüf- und Rechenwerte wurden jedoch nur die Prüfwerte herangezogen, bei denen die bauakustisch relevanten Konstruktionsdetails mängelfrei ausgeführt wurden und bei den Messungen keine signifikanten Nebenwegübertragung oder Fremdgeräusche vorhanden waren. Nach Ausschluss solcher fehlerhaften Prüfergebnisse konnten 65 Bauteile ausgewertet werden.

Für die geprüften Bauteile wurde das bewertete Schalldämm-Maß nach E DIN 4109-2 berechnet. Die Rechenwerte $R'_{w,R}$ wurden mit den zugehörigen

Prüfwerten $R'_{w,B}$ verglichen. Erreicht ein Prüfwert mindestens den zugehörigen Rechenwert, so liefert das Bemessungsverfahren eine sichere Prognose.

Ein Ziel des zuständigen Normenausschusses war es ein Prognoseverfahren zu erarbeiten, mit welchem mit einer hohen statistischen Wahrscheinlichkeit ein Zielwert der Schalldämmung berechnet werden kann. Aus durchgeführten Forschungsvorhaben für verschiedene Baustoffe des Mauerwerksbaus wurde abgeleitet, dass mit einem Sicherheitsbeiwert von 2 dB für 84 % der Bauteile ein bauakustischer Nachweis möglich ist, das heißt der Prüfwert des bewerteten Schalldämm-Maßes erreicht mindestens den Rechenwert.

Reduziert man für die in dieser Studie betrachteten Gebäudesituationen die Rechenwerte zur Berücksichtigung der Unsicherheit um 1,0 dB, so erreichen 91 % der Prüfwerte mindestens jeweils den Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes.

Bezieht man die Auswertung von Rechen- und Prüfwerten auf die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$, so halten 94 % der Prüfwerte den Rechenwert ein.

Fazit

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass bei der Prognose des bewerteten Schalldämm-Maßes für den Massivbau von o. g. Trennbauteilen, mit flankierenden Bauteilen aus homogenen Wandbaustoffen wie Porenbeton und Kalksandstein, der Sicherheitsbeiwert von dem in E DIN 4109-2:2013 vorgeschlagenen Wert von 2,0 dB auf 1,0 dB reduziert wird.

Diese Studie verdeutlicht, dass bei einer Unterschreitung des Rechenwertes ein Prüfwert kritisch zu hinterfragen ist. In den vorliegenden Ergebnissen konnten größere negative Abweichungen zwischen Prognose und Prüfwert stets plausibel aufgeklärt werden. Ein weiteres wichtiges Fazit ist, dass die messtechnische Überprüfung – insbesondere von höheren Schallschutzniveaus – auch mit einem höheren Aufwand bei der Güteprüfung einher gehen kann. Beispielsweise sind während der Messungen geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um Nebengewegübertragungen zu reduzieren oder Fremdgeräusche zu minimieren.

Das genau kurz vor der normativen Einführung des neuen Bemessungsverfahrens, eine neue Prüfnorm eingeführt wird, führt gegenwärtig zu einer Verkomplizierung der Gemengelage. Ein wichtiges Fundament der Teile „Rechenverfahren“ und „Bauteilkatalog“ waren in der Erarbeitung der Normenreihe zur neuen DIN 4109 zahlreiche Forschungsvorhaben, in die eine Vielzahl von Güteprüfungen nach dem Verfahren der DIN EN ISO 140-4:1998 eingeflossen sind. Nun erschien im Juni 2014 die DIN EN ISO 16283-1. Die grundlegenden „Handgriffe“ bei den Prüfungen haben sich nicht verändert, aber dennoch ergaben sich einige gravierende Neuerungen. Das Messwerte, die nach dem „alten Verfahren“ gewonnen wurden, sich ohne Weiteres auf das neue Verfahren nach DIN EN ISO 16283-1:2014 anwenden lassen, dürfte die Ausnahme sein.

Literatur

- [1] DIN 4109:1989 „Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise“
- [2] Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 „Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“
- [3] E DIN 4109-2:2013 “Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen”
- [4] E DIN 4109-32:2013 “Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Massivbau”
- [5] DIN EN ISO 140-4:1998 “ Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden”
- [6] DIN EN ISO 16283-1:2014 “Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 1: Luftschalldämmung”
- [7] Naumann, K.: Erfahrungsbericht zur Anwendung des Bemessungsverfahrens nach zukünftiger DIN 4109-2; DAGA 2014