Fugenlose Akustikdecken

Konstruktive Optimierung mit positivem Effekt auf die akustischen Eigenschaften

Andreas Niermann[1]

[1] *Sto SE & Co. KGaA, 79780 Stühlingen, E-Mail: a.niermann@sto.com*

Anforderungen

Angepasste Raumakustik ist überall dort erforderlich, wo kommuniziert, musiziert und gearbeitet wird, ebenso in Räumen, in denen Menschen Erholung suchen. Es ist erwiesen und allgemein bekannt, dass eine gute Raumakustik, die auf die jeweilige Nutzung eingestellt ist, Ruhe bewirkt, Lärm mindert und für eine gute Sprachverständlichkeit sorgt, durch die sich die Effizienz bei der Arbeit erhalten und steigern lässt. Besonders hervorzuheben sind der Gesundheitsschutz durch Lärmminderung und die Vermeidung von psychischen Belastungen in der Folge von Stress.

Hierfür werden oftmals Deckensysteme verwendet, die durch ihre schallschluckende Eigenschaft raumakustisch wirken. Hervorzuheben sind hier fugenlose Systeme, welche die gewünschte, hochwertige Architektur betonen und dort neue gestalterische Möglichkeiten eröffnen. Fugenlose Decken verbergen zugunsten des optischen Gesamteindrucks die technischen Details (Fugen, Schlitze, Löcher, Prägungen), die aus einer Unterdecke eine Absorberdecke machen, ebenso wie ihre Tragelemente.

Dadurch geraten fugenlose Decken in eine Verlegenheit: Die wesentliche Zusatzfunktion „Schallabsorption“ ist hörbar, allerdings nicht sichtbar. Dieses „Dilemma“ wird allerdings immer dann ein wertvolles Qualitätsmerkmal, wenn fugenlose Decken eine gute konstruktive und akustische Lösung bieten, ohne jede gestalterische Einschränkung durch Konstruktionsdetails, wie in Abbildung 1 zu sehen ist.

Abbildung 1: Unilever Headquarters, ID Jakarta (Foto: Architenthis Asia Pte, Ltd, Singapore)

An fugenlose Decken werden höchste Anforderungen bezüglich der Ebenmäßigkeit gestellt, was besonders bei Schraubpunkten und Stößen anspruchsvoll ist, um diese unsichtbar zu gestalten. Hier liegt Konfliktpotential, da die Forderung nach ebenmäßigen und glatten Flächen oft konstruktive Lösungen erfordert, die zu technischen und optischen Schwierigkeiten führen können. Gute Optik und ausgewogene Akustik auf hohem Niveau stehen häufig im Widerspruch.

Übliche Bauart

Die wesentlichen Komponenten einer bauüblichen fugenlosen Akustikdecke sind wie folgt, erläutert am Beispiel einer Gipslochdecke, siehe Abbildung 2:

Die ***Tragkonstruktion*** mit Befestigungsmittel, Abhängern, Verbindern und Profilen als Tragrost – verantwortlich für Tragfähigkeit, Sicherheit und Ebenmäßigkeit.

Die ***Akustikplatte***, meist aus Holzwerkstoffen, Gips, Metallblech, dann perforiert, geschlitzt, gelocht, mit den Montageprofilen verschraubt, verspachtelt – maßgeblich für Raumabschluss, Standsicherheit, Ebenmäßigkeit und entscheidend für die Schallabsorption durch das Lochbild. Der Lochflächenanteil ist meist auf knapp 20 % begrenzt, im Extremfall kann er bis zu 27 % und damit die Grenzen der Festigkeit und Stabilität erreichen.
Monolithische Platten (Fasermaterial, Mineralplatten (wet-felt)) benötigen eine hohe Dichte, um tragfähig zu sein, sind dann aber oft zu dicht für höchste Absorption.

Abbildung 2: fugenlose Akustikdecke aus Gips-Lochplatten, Vlieskaschierung, mit Spritzputz (Quelle: Sto)

Die ***Spachtelung*** der Fugen ist erforderlich, um Unebenheiten und Plattenstöße zu nivellieren und die Oberfläche glatt und eben herzustellen. Da übliche feine Spachtelmassen luftdicht sind, wird die Schallabsorption im Spachtelbereich auf praktisch Null reduziert, mit minderndem Einfluss auf die resultierende Absorption der gesamten Decke. Bei Platten aus Mineralfasern werden die Fugen bis zu 250 mm breit luftdicht verspachtelt, mit entsprechend verschlechterndem Einfluss. Insbesondere bei wenig druckfesten und elastisch federnden Faserplatten lässt sich die starr getrocknete Spachtelmasse kaum eben schleifen. Im scharfen Streiflicht sind Fugen und Schraubpunkte als Schlagschatten deutlich sichtbar. Nur im diffusen Licht scheint die Deckenfläche optisch einwandfrei zu sein, siehe Abbildung 3.

Abbildung 3: fugenlose Decke mit vlieskaschierten Faserplatten, Fugen und Schraubpunkte gespachtelt, geschliffen, mit Spritzputz – Ansicht im Streiflicht (Foto: Sto)

Die ***Kaschierung*** der Deckenoberfläche mit aufgeklebtem Faservlies und Beschichtung ist – zusammen mit einer optionalen Hohlraumbedämpfung – verantwortlich für die Schallabsorption. Ihr akustischer Strömungswiderstand ist so zu bemessen, dass das System ideal auf breitbandige und hohe Absorption abgestimmt ist.

Handwerklich ist die Kaschierung hoch anspruchsvoll, da die Oberflächenqualität das entscheidende Kriterium für Bauherr und Architekt ist. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Herausforderung, Staubablagerungen im Bereich der Lochung zu vermeiden, die bei Druckdifferenz und folgender Luftströmung zwischen Raum und Deckenhohlraum durch die Decke verursacht werden. Abbildung 4 zeigt, welche optische Einschränkung sich daraus ergibt, und macht deutlich welchen Aufwand und welche Kosten eine Sanierung nach sich zöge.

Abbildung 4: Staubablagerung und Lochabzeichnung auf einer fugenlosen Akustikdecke aus Gips-Lochplatten, Vlieskaschierung, mit Spritzputz (Foto: Sto)

Um derartige Staubablagerungen zu verhindern, wird die Plattenrückseite luftdicht kaschiert, bei Lochplatten oft mit einer luftdichten Folie, bei Faserplatten mit Vlies und bei wet-felt-Platten mit Farbbeschichtung. Der mindernde Einfluss auf die Schallabsorption ist nachweisbar, nicht nur im Einzahlwert, sondern besonders auch im selektiven Absorptionsspektrum, siehe Abbildung 5.

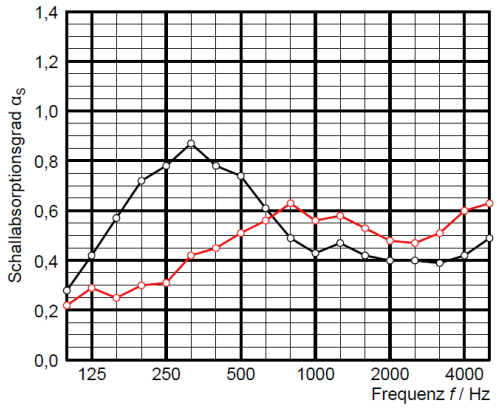

Abbildung 5: Schallabsorption nach EN ISO 354 Aufbau E-200, Gips-Lochplatten Lochbild Qg 12-25 23 % Lochflächenanteil, Vlieskaschierung, mit Spritzputz – mit PE-Membran: $\alpha_w = 0{,}55$ (rot); ohne Membran: $\alpha_w = 0{,}45$ (*LM*) (schwarz) (Messung: Sto)

Besonders deutlich wird der Effekt bei monolithischen Platten, die rückseitig dicht kaschiert werden, um die Abzeichnung luftdicht verspachtelter Fugen und Schraubpunkte auf der Oberfläche zu vermeiden, siehe Abbildung 6.

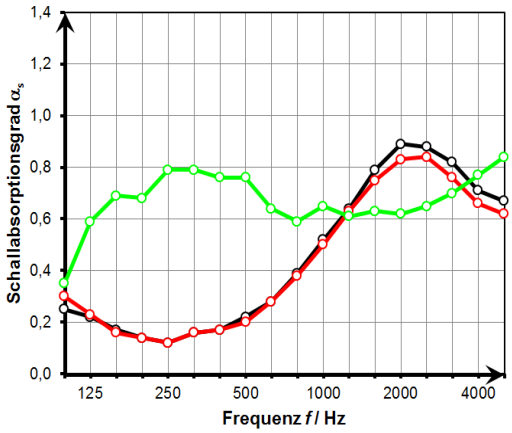

Abbildung 6: Schallabsorption nach EN ISO 354 Aufbau E-200, 15 mm Blähglasgranulatplatte mit Spritzputz – Rückseite offen: aw = 0,65 (*L*) (grün); Rückseite dicht: aw = 0,30 (*H*) (rot, schwarz) (Messung: Sto)

Es wird deutlich, dass die rückseitige dichte Kaschierung der Platten die tieffrequente Absorption deutlich mindert, da der Effekt des λ/4-Absorbers nicht wirken kann. Hinzu kommt, dass eine optionale Hohlraumbedämpfung kaum noch Wirkung zeigt, wenn die Plattenrückseite dicht ist. Es wirkt nur noch die poröse Platte, und zwar vornehmlich mittel- und hochfrequent, wie die Ergebnisse zeigen, siehe Abbildungen 5 und 6.

Die raumakustische Eignung ist hier eingeschränkt und erfordert bei der Planung von Hörraumen ausgleichende Maßnahmen, wie Tieftonabsorber, um das Ziel eines harmonischen, ausgewogenen Frequenzgangs der Nachhallzeit zu erzielen. Es scheint ein Dilemma zu sein, dass ebene, dauerhafte schöne Oberflächen in höchster optischer Qualität bei gleichzeitig breitbandiger, harmonischer und hoher Schallabsorption - mit porösen und gelochten Platten kaum umsetzbar zu sein scheinen. Doch dieses Dilemma ist nun gelöst.

Lösungsansatz

Aus den zuvor beschriebenen Voraussetzungen, Anforderungen und Randbedingungen ergeben sich mehrere Vorgaben für die konstruktive Optimierung fugenloser Decken, wenn man positive Effekte für die akustischen Eigenschaften als vorrangiges Ziel definiert. So geschehen bei einem umfangreichen Entwicklungsprojekt, das von sorgfältigen Messungen akustischer und technischer Parameter begleitet wurde.

- Es sind all die technischen Details des Deckensystems zu vermeiden, welche die Schallabsorption mindern würden.
- Hohe Schallabsorption allein ist als Ziel nicht ausreichend, es muss durch „Aktivierung“ aller Absorbereffekte eine möglichst breitbandige Schallabsorption erreicht werden. Ideal wäre, verschiedene Varianten zu haben, so dass von niedrigen über mittlere bis zu sehr hohen Einzahl-Absorptionswerten technische Lösungen möglich sind, mit denen eine große Bandbreite an raumakustischen Anforderungen für Räume verschiedener Nutzung erfüllt werden können.
- Die Sicherheit gegen die lokale Verschmutzung und „Fugenabzeichnung“ muss gegeben sein.
- Die Oberflächenqualität muss sehr gut sein: glatt und eben, mit möglichst wenig Schlagschatten im Streiflicht durch lokale Spachtelstellen.

Bei der Umsetzung wurden Platten aus vlieskaschiertem Blähglasgranulat mit einer annähernd isotropen Struktur genutzt, da diese an jeder Stelle absorbieren, im Unterschied zu perforierten Platten aus Holz, Gips oder Metall. Die Platten sind leicht und stabil, so dass die Rastermaße der Unterkonstruktion tragfähig und sehr eben gefüllt werden können.
Die Platten dürfen jedoch nicht mehr verschraubt werden, damit Schraubpunkte und lokale Spachtelung entfallen können. Die Akustikplatten werden in einem patentierten Verfahren unter eine niveaugleiche Tragkonstruktion geklebt.
Für die Verklebung ist jeder Plattenstoß mit einem tragenden Profil zu hinterlegen und mit der Platte zu verkleben, damit die Tragfähigkeit gesichert ist. Die Tragfähigkeit der Verklebung Platte-Kleber-Unterkonstruktion ist nachgewiesener Maßen so hoch, dass auf die Verklebung der Plattenstoßfugen über die Plattenstirnseite verzichtet werden kann, wie sie bei geschraubten Platten aus Blähglasgranulat oder anderen porösen Platten sonst notwendig ist.
Im Kleberbett können die Platten extrem präzise dreidimensional ausgerichtet werden, was selbst ohne Beschichtung hervorragend ebene Flächen mit Stoßfugen im 1/10-Millimeterbereich ergibt, viel präziser als bei anderen Platten. Hierzu wird durch eine spezielle Spritzdüse und einen Kleber mit sehr hoher Anfangshaftung eine sehr exakte, sichere und reproduzierbare Verklebung erreicht.
Da die Plattenstöße nicht mehr verschraubt und die Fugen nicht mehr verspachtelt werden, entstehen keine luftdichten Flächen mehr neben der porösen Absorberplatte.
Die Plattenrückseite muss offen und nicht luftdicht sein, um tieffrequent Absorption zu bewirken.
Die gezielte akustische Abstimmung des Gesamtsystems aus Deckenhohlraum, Akustikplatte und Beschichtung geschieht durch Verwendung verschiedener Plattentypen in Kombination mit einer Auswahl an Beschichtungssystemen. Die Beschichtung kann zudem durch die Art der Verarbeitung akustisch eingestellt werden.
Aus akustischer Sicht scheint die Abstimmung der einzelnen Komponenten (Hohlraum, Platte, Beschichtung) zunächst nicht schlüssig. Andere Materialien, insbesondere Faserdämmstoffe, weisen über den gesamten Querschnitt einen praktisch konstanten Strömungswiderstand auf. Selbst die dünne Deckbeschichtung ist sehr porös. Bei dem hier behandelten System wurde der Weg anders gewählt. Da die Trägerplatte offen ist und die Deckbeschichtung relativ dazu viel dichter, lässt sich gezielt Einfluss auf Absolutwert und Spektrum der Schallabsorption nehmen, was in Labor und Hallraum durch Messungen nachgewiesen wurde.
Die Sicherheit vor Fugenabzeichnungen wurde im eigenen Prüfstand unter forcierter Belastung mit gezielt produziertem Nanostaub geprüft. Durch Entfall der luftdichten Spachtelmasse auf der Oberfläche gibt es keine Abzeichnungen mehr durch Staubablagerung. Im Weiteren bleibt damit die Schallabsorption der gesamten Flächen erhalten, so dass die Messwerte aus Labor und Hallraum um den Flächenanteil der reflektierenden Spachtelung nicht abgemindert werden müssen.

Ergebnisse

Die zuvor genannten Ziele für die Schallabsorption wurden mit dem hier betrachteten Deckensystem maßgeblich dadurch erreicht, dass isotrope Platten aus beidseitig vlieskaschiertem, gebundenen Blähglasgranulat verwendet werden. Hierbei sind nach der Art der Bindung des Granulats zwei Varianten zu unterscheiden: mit organischem Bindemittel und Bindung durch Sinterung. Aufgrund der besonderen Struktur in gesintertem Blähglasgranulat, mit poröser Oberfläche der einzelnen Partikel, ergibt sich zum einen eine absolut höhere Schallabsorption, zum anderen durch das starre Gefüge eine Verschiebung der Absorptionsmaxima hin zu tieferen Frequenzen, im Vergleich zu organisch gebundenem Blähglasgranulat. Somit stehen hier zwei Varianten zur Verfügung, die dasselbe optische Endergebnis liefern, akustisch allerdings auf unterschiedlich hohen Niveaus liegen.

Zudem ist die akustisch angepasste Vlieskaschierung der Platten entscheidend. Die Plattenrückseite wurde möglichst offen gestaltet, durch ein Vlies mit sehr geringem Strömungswiderstand. Das Vlies auf der Sichtseite wurde an die Beschichtung mit einem pastösen, deckenden, aber im getrockneten Zustand porösen Material angepasst. So weist die organisch gebundene 19 mm Trägerplatte einen Strömungswiderstand nach EN 29053 von etwa $R_S = 920$ Pa s/m auf, im Unterschied zur gesinterten Variante mit etwa $R_S = 670$ Pa s/m bei 25 mm Dicke (Messungen: Sto).

Die verschiedenen Beschichtungssysteme weisen, bei einer Dicke von etwa 2 bis 3 mm, einen deutlich höheren Strömungswiderstand auf als die Platte. Dadurch wurde erreicht, dass die Schallabsorption zu hohen Frequenzen eher abnimmt. Im Vergleich zu Platten aus Fasermaterial mit sehr dünner Spritzbeschichtung ergibt sich hieraus zwar auf den ersten Blick ein Nachteil im Wettbewerb um absolut höchste Werte. Allerdings sind in der planerischen Praxis die höchsten Werte allein bei höchsten Frequenzen erfahrungsgemäß nicht notwendig.

Ein großer akustischer Vorteil einer vermeintlich zu dichten Beschichtung auf einer absorbierenden Platte konnte darin bestätigt werden, dass es im Gesamtsystem zu einer höheren Absorption im mittleren und besonders tiefen Frequenzbereich kommt, was für die akustische Anwendung immense Vorteile bringt. Wird nun der Deckenhohlraum zusätzlich mit einem Faserdämmstoff von 30 mm Dicke oder mehr belegt (Strömungswiderstand ca. R_S = 5 kPa s/m), so lässt sich die Absorption des Deckensystems weiter steigern.

Für reproduzierbare und praxistaugliche Gesamtaufbauten ergeben sich für 19 mm organisch gebundene Platten Strömungswiderstände mit Spritzputz von ca. R_S = 2.500 Pa s/m und mit Spachtelputz ca. R_S = 4.000 Pa s/m. Versuchsweise wurde im Rahmen der Entwicklung ein Beschichtungsverfahren gewählt, bei dem die Beschichtung extrem dicht ist, mit einem Gesamtwert von R_S > 5.000 Pa s/m, weit jenseits akustischer Idealwerte. Dabei zeigte sich, dass ein sehr flacher Frequenzverlauf resultiert, mit einem bewerteten Schallabsorptionsgrad von gerade einmal α_w = 0,25. Dies kann als interessantes Ergebnis ohne viel Praxiseignung gewertet werden. Die Spektren der Schallabsorption nach EN ISO 354 aus dem Hallraum für einen Aufbau Typ E-200 zeigt Abbildung 7.

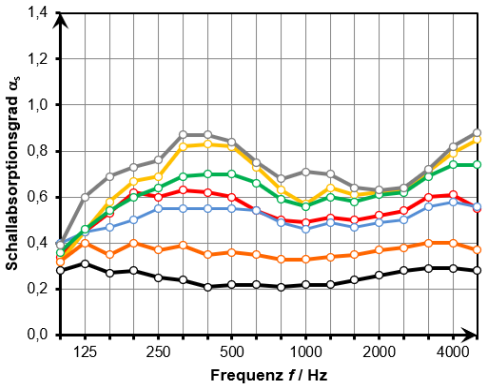

Abbildung 7: Schallabsorption nach EN ISO 354 Aufbau E-200, 19 mm organisch gebundene Platte; niedrigste Werte mit gespachteltem Putz, höchste Werte mit Spritzputz. (Messung: Sto)

Die bewerteten Schallabsorptionsgrade zu den Ergebnissen in Abbildung 7, reichen nach EN ISO 11654 von α_w = 0,25 (schwarz) mit Spachtelputz bis zu α_w = 0,70 (*L*), mit Spritzputz und 30 mm Dämmstoffauflage (grau).

Im praxistauglichen Gesamtaufbau ergeben sich für gesinterte 25 mm Platten reproduzierbar Strömungswiderstände: mit Spritzputz von ca. R_S = 1.300 Pa s/m und mit Spachtelputz von ca. R_S = 2.200 Pa s/m.

Versuchsweise wurde auch hier ein Beschichtungsverfahren gewählt, bei dem die Beschichtung extrem dicht ist, mit einem Gesamtwert von R_S > 3.200 Pa s/m. Dabei bestätigte sich, dass auch mit der gesinterten Platte ein sehr flacher Frequenzverlauf resultiert, mit einem bewerteten Schallabsorptionsgrad nach EN ISO 11654 von immerhin α_w = 0,50. Die Spektren der Schallabsorption nach EN ISO 354 aus dem Hallraum für einen Aufbau Typ E-200 zeigt Abbildung 8.

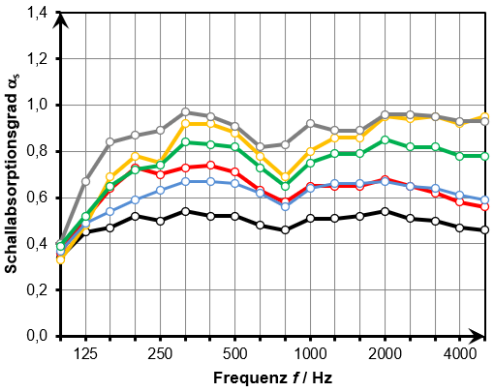

Abbildung 8: Schallabsorption nach EN ISO 354 Aufbau E-200, 25 mm gesinterte Platte; niedrigste Werte mit gespachteltem Putz, höchste Werte mit Spritzputz. (Messung: Sto)

Die bewerteten Schallabsorptionsgrade zu den Ergebnissen in Abbildung 8, reichen von α_w = 0,50 (schwarz) mit Spachtelputz bis zu α_w = 0,95 mit Spritzputz und 30 mm Dämmstoffauflage (grau).

Zusammenfassung

Im Vergleich mit anderen Werkstoffen und Systemen kann durch die gezielt gesteuerte Kombination aus Platte und Beschichtung eine sehr hohe akustische Tauglichkeit für sehr viele raumakustische Anwendungen erreicht werden. Sonst übliche Nachteile, wie selektive Absorption, Schlagschatten im Streiflicht und unvollkommene Oberfläche werden vermieden.

Fugenlose Decken erreichen mit der hier vorgestellten Ausführung unter den beschriebenen technischen Randbedingungen hohe Absorptionswerte mit sehr flachem und harmonischem Frequenzgang. Der große Wertebereich von α_w = 0,55 (*L*) bis zu α_w = 0,95 lässt sich gezielt durch die Kombination aus Plattentyp und Beschichtungsvariante bautauglich und reproduzierbar einstellen.

Hervorzuheben ist hier der Vorteil der Platten aus Blähglasgranulat, die eine bautaugliche und einfache, dabei sehr präzise Verarbeitung ermöglichen.

Das patentierte Klebeverfahren erlaubt eine extrem genaue Ausrichtung und Nivellierung der Platten, was eine sehr glatte und ebene Deckenfläche ermöglicht und die Schlüsseltechnologie für die gezeigte Lösung ist.