Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 110 (1992)
Heft: 46

Artikel: Untersuchungen zum Sonderfall des dröhnenden Unterlagsbodens
Autor: Kühn, Beat / Blickle, Rudolf
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77987

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untersuchungen zum Sonderfall des dröhnenden Unterlagsbodens

Korrekt ausgeführte schwimmende Unterlagsböden haben zum Teil die Eigenschaft, beim Begehen unangenehme Dröhngeräusche hervorzurufen. Der folgende Beitrag befasst sich mit den Ursachen dieses Phänomens und gibt Ratschläge zur Verminderung dieser meist störenden Erscheinung.

Einführung

Schwimmende Unterlagsböden stellen im Hochbau eine sehr gebräuchliche Massnahme zur Erhöhung der Trittschalldämmung dar, obwohl sie wegen mangelnder Ausführung allzuoft zu Klagen Anlass geben. Die Ursachen der ungenügenden Trittschalldämmung liegen dann meistens bei ungewollten Schallbrücken im Bereich der Raumecken, Türzargen usw. Im Rohzustand des Unterlagsbodens lässt sich die Trittschalldämmung relativ einfach verbessern, indem die Schallbrücken entfernt werden. Durch einwandfreie Unterlagsböden auf Betongeschoss-decken kann eine Trittschalldämmung erzielt werden, die die erhöhten Anforderungen gemäss der SIA-Norm 181 «Schallschutz im Hochbau» bei weitem überschreitet. Zur Erreichung einer genügenden Dämmung sind nebst einer schallbrückenfreien Ausführung die schalltechnischen Eigenschaften des Dämmaterials von ausschlaggebender Bedeutung. Die heute wohl am meisten zum Einsatz kommenden Dämmaterialien sind Platten aus Mineralwolle und elastifizierten Schaumstoffen. Obwohl die beiden Materialen sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, haben sie sich beim Einsatz unter schwimmenden Unterlagsböden sehr gut bewährt.

VON BEAT KÜHN
UND RUDOLF BLICKLE,
UNTERÄGERI

Parallel zu den in den letzten Jahren gestiegenen Anforderungen an die Trittschalldämmung, haben auch die Anforderungen ans Dämmaterial selbst zugenommen. Von einer guten Trittschalldämmung wird heute erst gesprochen, wenn das Herumlaufen des Nachbarn nicht mehr wahrgenommen wird. Mit einwandfrei ausgeführten Unterlagsböden lässt sich dieses Problem im bauakustisch interessierenden Frequenzbereich (f = 100 bis 3150 Hz) gut lösen. Ganz anders sieht es im Frequenzbereich unter 100 Hz aus. Da ein Unterlagsboden als Tiefpassfilter wirkt und beim Gehen in erster Linie Schwingungen unterhalb 100 Hz angeregt werden, ergeben sich in diesem Frequenzbereich die Hauptkomponenten des Trittschallgeräusches. Dieses dann im Sende- und im Empfangsraum auftretende Trittschall- bzw. Gehgeräusch kann, je nach Aufbau des Unterlagsbodens, derart grosse Luftschallpegel aufweisen, dass es als Dröhnen wahrgenommen wird. Solche Dröhneffekte werden meist als sehr unangenehm und lästig empfunden. Das Ausmass des Dröhneffekts hängt in erster Linie von der Art der Anregung ab. Während beim normalen Begehen des Unterlagsbodens kaum Probleme entstehen, kann bei sehr «kraftvollem» Gehen – zum Beispiel Gehen ohne Schuhe, Herumhüpfen oder Rennen von Kindern – ein ausgeprägtes Dröhnen wahrgenommen werden.

In diesem Bericht wird versucht, diesen in der Literatur kaum behandelten Sonderfall des dröhnenden Unterlagsbodens näher zu durchleuchten. Nach einer allgmeinen theoretischen Betrachtung der Trittschalldämmung folgt eine Versuchsreihe zum Dröhneffekt schwimmender Unterlagsböden. Im vorletzten Abschnitt werden die gewonnenen Versuchsergebnisse näher erläutert. Schliesslich folgen einige Ausführungen und Untersuchungen zur Frage, wie sich das Dröhnen der Unterlagsböden vermindern liesse.

Theoretische Betrachtungen zum Trittschall

Theorie der Trittschalldämmung

Über die Theorie der Trittschalldämmung, insbesondere über die Dämmung des Trittschalls mit schwimmenden Unterlagsböden, ist in den letzten Jahrzehnten schon sehr viel publiziert worden (1, 2). Dabei haben sich die verschiedenen Autoren meistens auf den bauakustisch wichtigen Frequenzbereich (f = 100 bis 3150 Hz) beschränkt. Ein Grund für diese frequenzmässig eingeschränkte Betrachtung mag wohl der sein, dass das Problem des dröhnenden Unterlagsbodens noch nicht in diesem Ausmass wie heute vorhanden war oder erkannt wurde.

Akustisch gesehen stellt der schwimmende Unterlagsboden einen Schwingkreis bzw. ein Masse-Feder-System mit einer Eigenfrequenz *fo* dar. Die Masse des Schwingkreises wird durch die Unterlagsbodenplatte gebildet, während sich die Feder aus den dynamischen Eigenschaften des Dämmaterials ergibt. Für die Eigenfrequenz bzw. Resonanzfrequenz fo des Unterlagsbodens gilt die Beziehung:

$$fo = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ [Hz]} \qquad (1)$$

Dabei bedeuten:

m': flächenbezogene Masse der Unterlagsbodenplatte in kg/m²

s': flächenbezogene dynamische Steifigkeit des Dämmaterials in MN/m³

Bemerkung:

Der Faktor 160 in der obigen Beziehung ergibt sich aus der Wahl der Einheiten [kg/m²] und [MN/m³]

Die Eigenfrequenz ist nun die wichtigste Grösse bei der Dimensionierung des Unterlagsbodens. Wie schon weiter oben erwähnt, stellt ein Unterlagsboden ein Tiefpassfilter dar, welches erst bei Frequenzen oberhalb der Eigenfrequenz *fo* zu dämmen beginnt. Im Bereich der Eigenfrequenz und darunter lässt das Filter die Signale ungehindert passieren. Im ungünstigsten Fall – dieser tritt dann ein, wenn die inneren Körperschallverluste bzw. Reibung im Dämmaterial klein sind – ist sogar mit einer Verstärkung der übertragenen Signale in der Grössenordnung von 10 bis 15 dB zu rechnen.

Für die Berechnung der erzielbaren Trittschallminderung bezw. der Einfügungsdämmung *Ln* eines Unterlagsbodens in Terzbandbreite kann die folgende, allgemein gültige Beziehung herangezogen werden:

$$\Delta Ln = 10 \lg \frac{\left[1 - \left(\frac{f}{fo}\right)^2\right]^2 + d}{1 + d} \text{ [dB]} \qquad (2)$$

Für die Frequenzen *f* weit oberhalb der Eigenfrequenz *fo* des Unterlagsbodens lässt sich die obige Beziehung vereinfachen zu:

$$\Delta Ln = 40 \lg\left(\frac{f}{fo}\right) [\mathrm{dB}] \qquad (3)$$

Darin sind:

f: betrachtete Frequenz in Hz

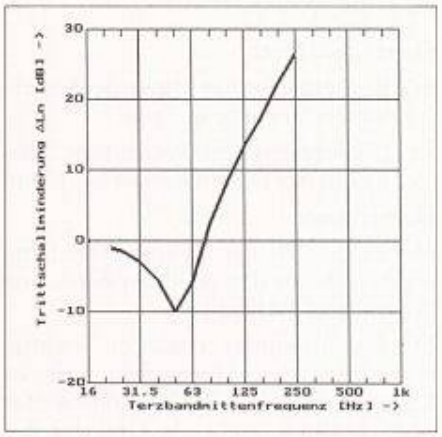
fo: Eigenfrequenz des Unterlagsbodens in Hz gemäss obiger Beziehung (1)

d: innere Dämpfung bezw. Verlustfaktor des Dämmaterials unter der Unterlagsbodenplatte

Voraussetzung für die Gültigkeit der beiden obigen Beziehungen (2) und (3) ist, dass sich im Dämmaterial keinerlei Dickenresonanzen ausbilden. Bei den üblichen Dämmaterialien ist mit solchen ab $f = 400$ bis 500 Hz zu rechnen.

Im folgenden Diagramm ist der grundsätzliche Verlauf der Trittschallminderung ΔLn eines Unterlagsbodens mit dem folgenden Aufbau dargestellt:

Aufbau: Bodenplatte mit m' = 110 kg/m², Dämmaterial aus 15 mm dicken Mineralwolleplatten mit s' = 12,0 MN/m³, Stahlbetondecke



Darstellung der nach Beziehung (2) errechneten Trittschallminderung ΔL_w des Unterlagsbodens (Der Verlustfaktor des Dämmaterials wurde zu d = 0,10 angenommen)

Entstehung des Trittschalls

Bei den trittschalltechnischen Untersuchungen wird normalerweise ein Trittschallhammerwerk nach ISO 140 verwendet, welches auf den zu untersuchenden Unterlagsboden aufgelegt und betrieben wird. Dabei wird die Unterlagsbodenplatte durch die frei fallenden Hämmer des Trittschallhammerwerks in Schwingung versetzt. Die beim Aufprall der Hämmer entstehenden effektiven Kräfte errechnen sich gemäss (1) zu:

$$\tilde{F} = 2\, m v \sqrt{fs\, \Delta f}\, [\mathrm{N}] \qquad (4)$$

Dabei bedeuten:

m: Masse eines Hammers in kg

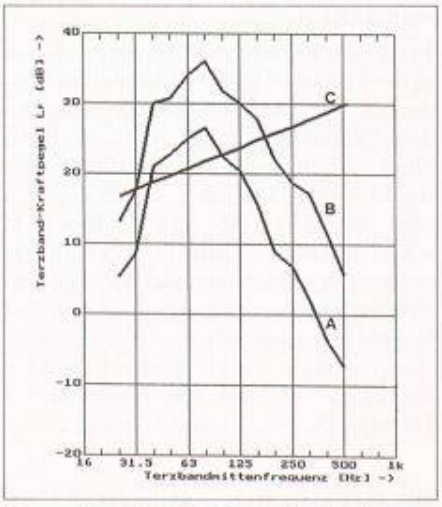
v: Geschwindigkeit beim Aufprall des Hammers auf die Unterlage in m/s

fs: Schlagfrequenz des Hammerwerks in Hz

Δf: betrachteter Frequenzbereich bezw. Frequenzbandbreite in Hz

Aus der obigen Beziehung (4) lässt sich erkennen, dass die vom Trittschallhammerwerk erzeugten Kräfte mit zunehmender Frequenz ansteigen. Der Grund dafür ist die bei den verwendeten elektrischen Terzbandfiltern mit zunehmender Messfrequenz wachsende Frequenzbandbreite Δf.

Die Erfahrung zeigt, dass der hier interessierende Dröhneffekt vor allem dann auftritt, wenn auf dem Unterlagsboden in einem kraftvollen Schritt herumgegangen wird. Ein besonders ausgeprägtes Dröhnen lässt sich beim Gehen ohne Schuhe feststellen. Zur Klärung des Einflusses der Anregungsart auf das Trittschallgeräusch wurde versucht zu ermitteln, welche Kräfte beim Gehen in die Unterlage induziert werden. Dazu wurde ein Vergleichsmessverfahren angewandt, bei dem zum einen eine Betondecke zwischen zwei Messräumen mit einem Normtrittschallhammerwerk angeregt wurde und zum andern auf derselben Decke herumgegangen wurde. Aus den bei den beiden Anregungsarten sich im Empfangsraum ergebenden Trittschallpegeln und dem bekannten Kräftespektrum des Normhammerwerks wurden die dynamischen Kräfte errechnet, die beim Gehen entstehen. Das Ergebnis der Untersuchung ist im folgenden Diagramm eingetragen.



Darstellung des Kräftespektrums bei verschiedenen Anregungsarten. Kurve A: Gehen im Fersengang, ohne Schuhe; Kurve B: Hüpfen, ohne Schuhe; Kurve C: Normtrittschallhammerwerk nach ISO 140 (errechnet mit obiger Beziehung 4). Die Versuchsperson war männlich und hatte eine Masse von 75 kg

Aus dem obigen Diagramm ist zu erkennen, dass das Maximum der beim Gehen und Hüpfen entstehenden dynamischen Kräfte im Bereich f = 63 bis 80 Hz liegt (siehe Kurven A und B). Im weitern sieht man, dass die vom Trittschallhammerwerk erzeugten Kräfte mit zunehmender Frequenz ansteigen, wogegen beim Gehen die Kräfte mit steigender Frequenz stark abnehmen. Dies hat wohl mit dem anatomischen Aufbau des Erregers bezw. des Fusses zu tun, dessen Haut- und Gewebeschicht zwischen dem Fersenbein und der Unterlage wie eine Feder wirkt. Federn haben die Eigenschaft, die auf die Unterlage einwirkenden Kräfte mit zunehmender Frequenz zu sperren.

Laboruntersuchungen an Unterlagsböden

Bei den Untersuchungen ging es darum, den Einfluss des Dämmaterials unter der Unterlagsbodenplatte auf den Verlauf des Trittschallpegels näher zu durchleuchten. Die Messungen wurden dabei in einem nach tieferen Frequenzen hin verschobenen Bereich durchgeführt, nämlich von 25 Hz bis 500 Hz, da ja das in der Praxis beobachtete Dröhnen normalerweise unterhalb einer Frequenz von 100 Hz auftritt. Untersucht wurden insgesamt sechs 50 bis 55 mm dicke Zement-Unterlagsböden mit Dämmaterial aus Glaswolle (Trittschalldämmplatten «ISOVER PS 81») und elastifiziertem Schaumkunststoff (Trittschalldämmplatten «Gopor T/SE») in verschiedenen Dicken. Die Anregung der Unterlagsböden erfolgte sowohl mittels eines Normtrittschallhammerwerks als auch mittels Gehen im Fersengang.

Die Betondecke, auf die die Unterlagsböden aufgebracht wurden, befand sich zwischen zwei Messräumen und wies eine Fläche von 18 m² auf. Das Volumen des Empfangsraums bzw. des Raums unterhalb der Betondecke betrug rund 55 m³. Die Nachhallzeit bzw. die Raumabsorption entsprach der eines normal möblierten Wohnzimmers (T_{60} = 0,5 bis 0,6 s).

Die gesamten Untersuchungen bestanden aus verschiedenen Teilen:

- Bestimmung des Trittschallpegels im Empfangsraum bei Anregung der Betondecke und der Unterlagsböden mit einem Normhammerwerk
- Bestimmung des Trittschallpegels im Empfangsraum bei Anregung der Betondecke und der Unterlagsböden mittels Gehen im Fersengang
- Bestimmung der Eigenfrequenzen *fo* der schwimmenden Unterlagsböden, der dynamischen Steifigkeiten *s'* und

der Verlustfaktoren d der verschiedenen verwendeten Dämmaterialen.

Untersuchungsergebnisse

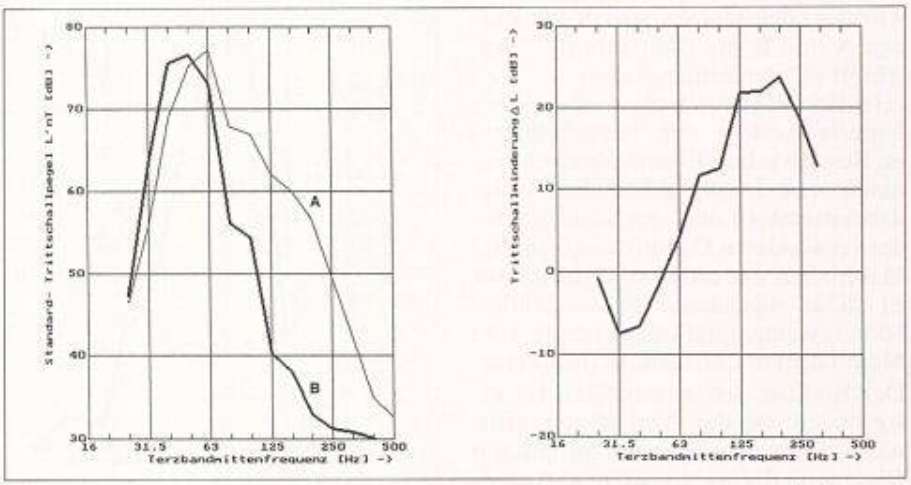
Im folgenden sind die an den einzelnen Unterlagsböden gesamthaft gewonnenen Untersuchungsergebnisse in Kurvenform und in Tabellenform zusammengestellt. Auf die Darstellung der mit dem Normtrittschallhammerwerk erhaltenen Messkurven wird im folgenden aus Platzgründen bzw. aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Gemäss akustischer Terminologie bedeutet Dröhnen «Das verstärkte Mitschwingen von Bauteilen bei der Anregung von Eigenfrequenzen, insbesondere bei tiefen Frequenzen» (3).

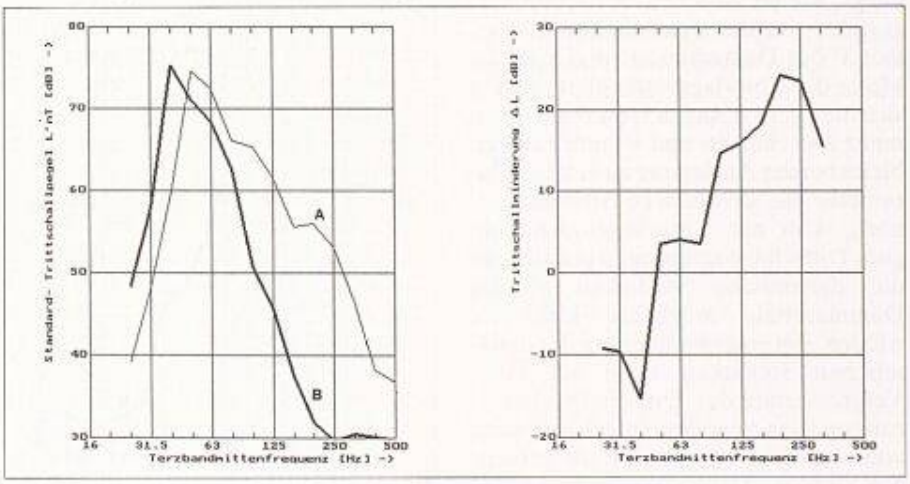
Beim Studium der Untersuchungsergebnisse wird ersichtlich, dass die Anregungsart der Betondecke einen grossen Einfluss auf den Verlauf des Trittschallpegels hat. Bei Anregung mit einem Hammerwerk ergibt sich ein mit zunehmener Frequenz ansteigender Trittschallpegel, während bei einer Anregung mittels Gehen der Trittschallpegel nur bis zu einer Terzbandmittenfrequenz von 63 Hz ansteigt, um dann steil abzufallen. Zur Klärung dieses sehr unterschiedlichen Kurvenverlaufs wird auf den Abschnitt «Entstehung des Trittschalls» verwiesen. Das dort dargestellte Diagramm zeigt die auf die Unterlage wirkenden Kräfte bei den beiden Anregungsarten «Hammerwerk» und «Gehen» . Ihre Verläufe entsprechen etwa den im Empfangsraum ermittelten Trittschallpegeln, was an sich nicht überraschend ist, sind doch diese Kräfte letztendlich die Ursache des Trittschalls.

Für die subjektiv empfundene Klangfarbe eines Geräusches ist der spektrale Verlauf desselben massgebend. Geräusche mit grossen Luftschallpegelanteilen im Hochtonbereich tönen «hell», während Geräusche mit ausgeprägten Komponenten im Tieftonbereich «dumpf» oder «dunkel» erscheinen. Daraus ergibt sich für das Hammerwerk mit grossen Luftschallpegeln im Mittel- und Hochtonbereich ein helles Geräusch, wogegen das Gehgeräusch sehr dumpf anzuhören ist. Bei sehr kraftvollem Gehen, Herumrennen oder Hüpfen steigen die Luftschallpegel im Frequenzbereich zwischen 40-160 Hz weiter an, was dann als Dröhnen wahrgenommen werden kann, ohne dass dabei irgendwelche Resonanzerscheinungen vorhanden sind. Diese treten erst dann auf, wenn die Rohdecke mit einem Unterlagsboden versehen



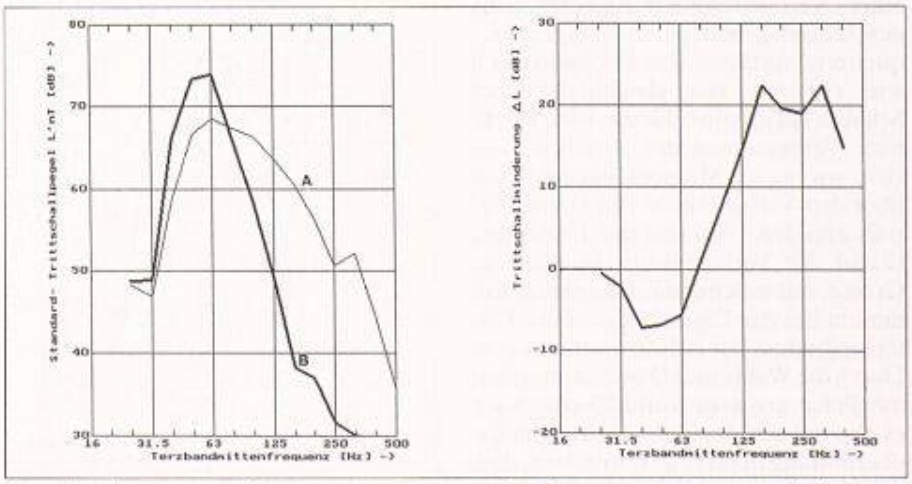
Unterlagsboden-Anordnung 1: Dämmaterial zweilagig aus 2x15 mm dicken Trittschalldämmplatten (Glaswolle)

Eigenfrequenz fo = 41 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 7,2 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,16 (–), Trittschallverbesserungsmass $\triangle L_w$ = 38 dB



Unterlagsboden-Anordnung 2: Dämmaterial aus 2x22 mm dicken Trittschalldämmplatten (elastifizierter Schaumkunststoff)

Eigenfrequenz fo = 38 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 6,2 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,04 (–), Trittschallverbesserungsmass $\triangle L_w$ = 38 dB



Unterlagsboden-Anordnung 3: Dämmaterial einlagig aus 1x20 mm dicken Trittschalldämmplatten (Glaswolle)

Eigenfrequenz fo = 58 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 14,0 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,12, (–), Trittschallverbesserungsmass $\triangle L_w$ = 35 dB

Figuren links: Anregung mittels Gehen im Fersengang. Kurve A: Gehen auf Rohdecke, Kurve B: Gehen auf Unterlagsboden

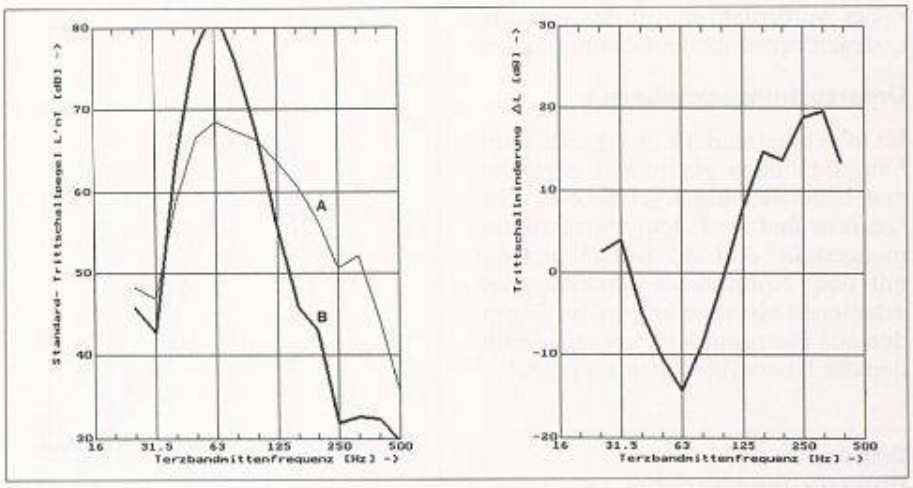
Figuren rechts: Darstellung der erreichbaren Trittschallminderung durch Unterlagsboden, Anregung mittels Gehen im Fersengang

wird (vergleiche dazu jeweils die Kurven A und B der Diagramme im Abschnitt «Untersuchungsergebnisse». Es zeigt sich, dass durch die Auflage eines Unterlagsbodens der Trittschallpegel im Bereich seiner Eigenfrequenz fo zunimmt. Die Schallpegelzunahme hängt dabei in erster Linie vom Verlustfaktor des verwendeten Dämmaterials ab. Bei Materialien mit grossem Verlustfaktor ist diese sogenannte Resonanzüberhöhung weniger stark ausgeprägt als bei Materialien mit kleinem Verlustfaktor.

Der Einfluss der untersuchten Unterlagsböden auf den Verlauf der Trittschalldämmung ist jeweils im unteren Diagramm der verschiedenen Anordnungen als «Trittschallminderung ΔL» dargestellt. Die Lage des Kurvenminimums ist dort identisch mit der Eigenfrequenz fo des Unterlagsbodens. Diese hängt, wie im Abschnitt 2.1 schon dargestellt, von der dynamischen Steifigkeit s' des Dämmaterials und von der Masse der Unterlagsbodenplatte ab. Da sich die Dicke üblicher Unterlagsböden meist zwischen 60 und 80 mm bewegt, bleibt bei der Auslegung als einziger Parameter die dynamische Steifigkeit s' übrig. Um mit Unterlagsböden eine gute Trittschalldämmung zu erzielen, ist die dynamische Steifigkeit s' des Dämmaterials möglichst klein zu wählen. Bei einer Halbierung der dynamischen Steifigkeit kann mit einer Vergrösserung des Trittschallverbesserungsmasses ΔLw des Unterlagsbodens von theoretisch maximal 6 dB gerechnet werden. Diese Verbesserung der Trittschalldämmung führt nun aber nicht automatisch zu einer Verringerung des Dröhnens. Das Weichermachen der Lagerung führt lediglich zu einer Verlagerung der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens zu tieferen Frequenzen, während das Dröhnen nach wie vor mit fast gleichbleibendem Schallpegel erhalten bleibt. Eine merkbare Verbesserung der Situation lässt sich, wie es im Moment aussieht, nur über den Verlustfaktor des Dämmaterials erzielen., Gemäss der Beziehung (2) ist der Verlustfaktor die alleinige Grösse, mit welcher das Dämmungsminimum bei der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens beeinflusst werden kann. Durch die Wahl eines Dämmaterials mit möglichst grossem Verlustfaktor wäre es theoretisch denkbar, die Resonanzüberhöhung derart zu vermindern, dass das tieffrequente Gehgeräusch durch das Aufbringen eines Unterlagsbodens nicht verstärkt wird.

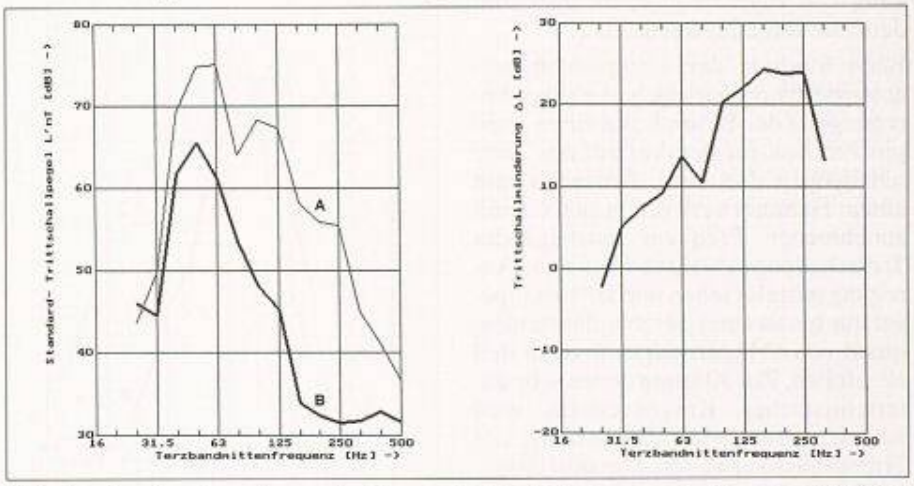
Massnahmen und Untersuchungen zur Minderung des Dröhnens

Bei der Auslegung schwimmender Unterlagsböden stellt sich nun die Frage,



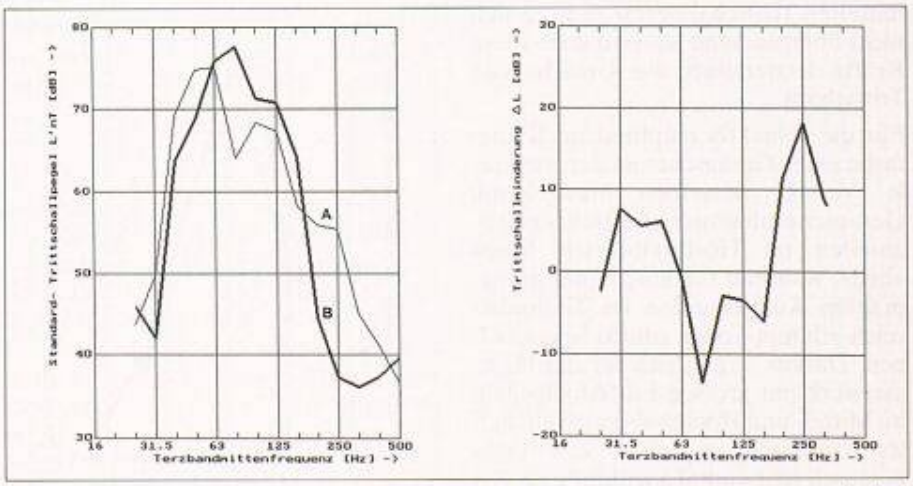
Unterlagsboden-Anordnung 4: Dämmaterial einlagig aus 1x22 mm dicken Trittschalldämmplatten (elastifizierter Schaumkunststoff)

Eigenfrequenz fo = 60 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 15,5 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,06 (–), Trittschallverbesserungsmass ΔL_w = 29 dB



Unterlagsboden-Anordnung 5: Dämmaterial dreilagig aus 1x20 mm und 2x15 mm dicken Trittschalldämmplatten (Glaswolle)

Eigenfrequenz fo = 29 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 3,7 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,14 (–), Trittschallverbesserungsmass ΔL_w = 42 dB



Unterlagsboden-Anordnung 6: Dämmaterial zweilagig aus 1x20 mm dicken Schaumkunststoffplatten (nicht elastifiziert) und 1x11 mm dicken Trittschalldämmplatten (elastifizierter Schaumkunststoff)

Eigenfrequenz fo = 88 Hz, dynamische Steifigkeit s' = 33,2 MN/m³, Verlustfaktor d = 0,08 (–), Trittschallverbesserungsmass ΔL_w = 21 dB

Figuren links: Anregung mittels Gehen im Fersengang. A: Gehen auf Rohdecke, B: Gehen auf Unterlagsboden

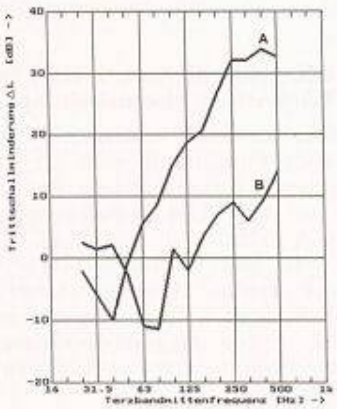
Figuren rechts: Erreichbare Trittschallminderung durch Unterlagsboden, Anregung mittels Gehen im Fersengang

mit welchen realistischen Möglichkeiten ein allfälliges Dröhnen verhindert oder zumindest vermindert werden kann. Nebst der Wahl eines Dämmaterials mit grossen inneren Verlusten wäre noch denkbar:

1. Verschraubung des schwimmenden Unterlagsbodens mit der Rohdecke.
2. Belegung des schwimmenden Unterlagsbodens mit einem sehr weichen Teppich.
3. Vergrösserung der Dicke beziehungsweise der flächenbezogenen Masse der Unterlagsbodenplatte.

Möglichkeit 1: Verschraubung des schwimmenden Unterlagsbodens mit der Rohdecke.

Dazu wurde die im Abschnitt 3.1 beschriebene Unterlagsboden-Anordnung 2 (Grösse: S = 2 m²) mit insgesamt 5 Schrauben mit der Rohdecke fest verbunden. Um jegliche Schallbrücken zu verhindern, wurden die Schrauben vollständig mittels Gummischlauchstücken und Gummiunterlagsscheiben von der Unterlagsbodenplatte getrennt. Das Ergebnis der Untersuchung ist im folgenden Diagramm eingetragen.



Anregung mit Hammerwerk

Kurve A: Trittschallminderung ohne Verschraubung
Kurve B: Trittschallminderung mit Verschraubung

Ein Vergleich der beiden Kurven A und B zeigt, dass die Verschraubung lediglich eine Verschiebung der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens von $fo = 40$ Hz (ohne Verschraubung) zu $fo = 80$ Hz (mit Verschraubung) bewirkt. Die resonanzartige Erhöhung des Trittschallpegels im Bereich der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens von rund 10 dB bleibt nach wie vor erhalten.

Abhörversuche ergaben im weitern, dass sich der Dröhneffekt kaum merklich verändert hat.

Möglichkeit 2: Belegung des schwimmenden Unterlagsbodens mit einem sehr weichen Teppich.

Der weitere Versuch, bei dem ein sehr dicker Teppich auf den Unterlagsboden aufgelegt wurde, ergab eine markante Verminderung des Dröhnens. Mit der sehr weichen Unterlage zwischen Fuss und Unterlagsbodenplatte wird erreicht, dass die beim Gehen auftretenden Kraftstösse wirksam abgefedert werden. Eine solche Lösung ist allerdings nur dort sinnvoll, wo die gesamte Bodenfläche mit einem weichen Belag abgedeckt werden kann. Beim Vorliegen von Plattenbelägen aus Steinzeug, Marmor, Parkett usw. ist eine solche Verbesserungsmassnahme kaum praktikabel.

Möglichkeit 3: Vergrösserung der Dicke beziehungsweise der flächenbezogenen Masse der Unterlagsbodenplatte.

Zur Überprüfung dieser dritten Verbesserungsmassnahme wurden in unserem Institut die folgenden zwei Unterlagsböden näher untersucht:

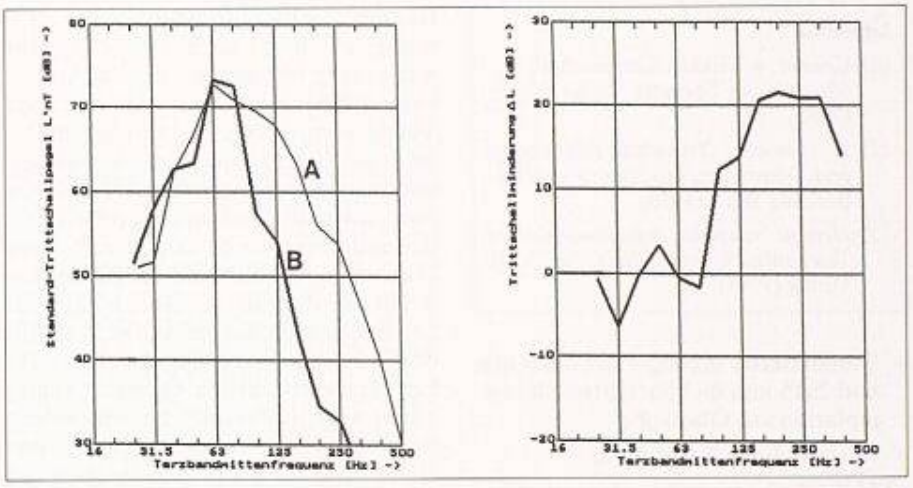
Aufbau A:

- 110-120 mm dicker Zementunterlagsboden über Kunststoffolie auf Dämmaterial aufgegossen.
- Dämmaterial einlagig aus 1x22 mm dicker, abrollbarer Trittschalldämmung aus elastifiziertem Schaumkunststoff.
- 160 mm dicke Betondecke.

(Fläche des untersuchten Unterlagsbodens: S = 18 m²)

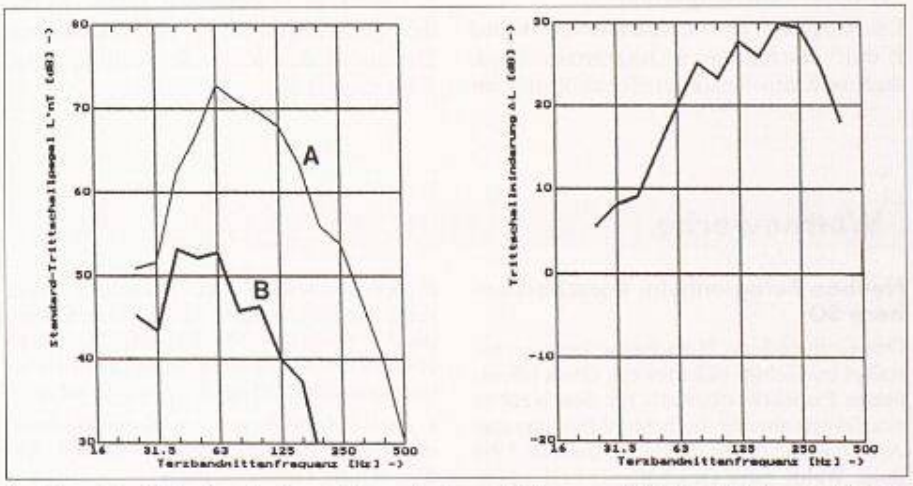
Aufbau B:

- 110–120 mm dicker Zementunterlagsboden über Kunststoffolie auf Dämmaterial aufgegossen.



Aufbau A. Unterlagsbodenplatte mit einer Dicke von 110 bis 120 mm; Dämmmaterial einlagig aus 1x22 mm dicker, abrollbarer Trittschalldämmung (elastifizierter Schaumkunststoff)

Trittschallverbesserungsmass $\Delta L_w = 31$ dB



Aufbau B : Unterlagsbodenplatte mit einer Dicke von 110 bis 120 mm; Dämmmaterial dreilagig aus 1x20 mm und 2x15 mm dicken Trittschalldämmplatten (Glaswolle)

Figuren links: Anregung mittels Gehen im Fersengang. Kurve A: Gehen auf Rohdecke, Kurve B: Gehen auf Unterlagsboden

Figuren rechts: Darstellung der erreichbaren Trittschallminderung durch Unterlagsboden, Anregung mittels Gehen im Fersengang

Literatur

(1) *Cremer + Heckl:* Körperschall, erschienen im Springer-Verlag Berlin (1982)

(2) *K. Gösele:* Trittschall-Entstehung und Dämmung, erschienen in VDI-Berichte Bd. 8 (1956)

(3) *Helmut Schmidt:* Schalltechnisches Taschenbuch, erschienen im VDI Verlag (1989).

- Dämmaterial dreilagig aus 1x20 mm und 2x15 mm dicken Trittschalldämmplatten aus Glaswolle
- 160 mm dicke Betondecke

(Fläche des untersuchten Unterlagsbodens: $S = 2\ m^2$)

Die Ergebnisse der trittschalltechnischen Untersuchungen an den beiden Unterlagsbodenaufbauten sind auf der vorderen Seite dargestellt.

Ein Vergleich der beiden Kurven A und B der verschiedenen Diagramme zeigt, dass sich die Resonanzüberhöhung im Bereich der Eigenfrequenz *fo* der Unterlagsböden nur noch schwach bis gar nicht mehr bemerkbar macht. Anders ausgedrückt heisst das, dass sich eine Verstärkung des Gehgeräusches im Bereich der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens dadurch weitgehend vermeiden lässt, indem die Bodenplatte relativ dick dimensioniert wird. Die durch diese Massnahme erreichbare Vergrösserung der Massenträgheit der Bodenplatte hat zur Folge, dass die auf ihr sich ausbildenden Körperschallpegel beim Begehen verringert werden. Gemäss Cremer ergibt sich theoretisch bei einer Verdoppelung der Plattendicke eine Verminderung des Körperschallpegels von rund 10 dB (1). Dies gilt für unendlich grosse Bodenplatten. In der Praxis liegt diese Verminderung allerdings nur bei 5 bis 6 dB je Verdoppelung der Masse.

Zusammenfassend sei festgestellt, dass bei stark beanspruchten Unterlagsböden zur Verhinderung eines allfälligen Dröhnens der folgende Aufbau empfehlenswert ist:

Die Forschungsarbeiten wurden von den Firmen Isover AG, Niederhasli, und Gonon AG, Schleitheim, finanziell unterstützt.

Unterlagsbodenplatte mit einer Dicke von 120 bis 150 mm; Dämmaterial einlagig oder mehrlagig mit einer dynamischen Steifigkeit von maximal $s' = 15\ MN/m^3$ (mindestens 20 mm dicke Dämmplatten aus Mineralwolle oder elastifizierten Schaumstoffen) und einer hohen inneren Dämpfung.

Es sei an dieser Stelle nochmals betont, dass der Dröhneffekt nichts mit den im Hochbau üblicherweise interessierenden Trittschallgeräuschen zu tun hat. Diese treten im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3150 auf, während das Dröhnen seine Hauptkomponenten unterhalb 100 Hz hat.

Adresse der Verfasser: *B. Kühn, R. Blickle*, Kühn+Blickle, Institut für Lärmschutz, 6314 Unterägeri.

Wettbewerbe

Neubau Betagtenheim Rorschacherberg SG

Der Gemeinderat Rorschacherberg veranstaltet im Gebiet «Chrüzweg» einen öffentlichen Projektwettbewerb für den Neubau des Betagtenheims. *Teilnahmeberechtigt* sind Architekten, die seit dem 1. Januar 1991 ihren Wohn- oder Geschäftssitz in der politischen Gemeinde Rorschacherberg, in Rorschach, Goldach und Thal haben. Für den Beizug von Spezialisten gelten keine Einschränkungen. *Fachpreisrichter* sind A.E. Bamert, Kantonsbaumeister, St. Gallen, W. Boss, Vaduz, D. Eggenberger, Buchs, H. Oberholzer, Rapperswil, Ersatz. Für *Preise* stehen 80 000 Franken, für allfällige *Ankäufe* zusätzlich 8000 Franken zur Verfügung. *Aus dem Programm:* Das bestehende Altersheim (Bürgerheim) wird abgebrochen. Im Neubau sollen insgesamt 56 Betagte wohnen. Der Bauplatz befindet sich etwas erhöht an einer markanten Kreuzung. Nebst einem guten Abschluss des Strassenraums ist auch eine optimale Situierung zur kürzlich fertiggestellten Mehrzweckhalle wichtig. Das *Wettbewerbsprogramm* kann ab 2. November kostenlos bei der Bauverwaltung Rorschacherberg bezogen werden; *Unterlagen* werden gegen Bezahlung von 300 Franken abgegeben. *Termine:* Fragenstellung schriftlich bis 20. November. Ablieferung der Entwürfe bis 26. Februar, der Modelle bis 12. März 1993.

Wohnüberbauung Jolag-Gut, Thun BE

Die einfache Gesellschaft Jolag-Gut, bestehend aus der Wohnbaugenossenschaft von Arbeitgebern von Thun und Umgebung, der Städtischen Pensionskasse Thun sowie der Stiftung «Arche», Thun, veranstaltete einen Projektwettbewerb auf Einladung unter zehn Architekturbüros für die Überbauung des Jolag-Gutes mit Wohnbauten. Es waren etwa 100 Wohnungen zu planen, realisierbar in voraussichtlich zwei Etappen. Ergebnis:

1. Preis (13 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Architektengemeinschaft J. Althaus, Pierre Grosjean, Bern.

2. Preis (12 000 Fr.): Viktor Burri, Thun.

3. Preis (8000 Fr.): Lanzrein + Partner, Thun; Projektverfasser: S. Schertenleib, A. Lanzrein, U. Cueni.

4. Preis (7000 Fr.): Scheidegger + Moser, Gwatt; Mitarbeiter: B. Sutter, D. Fankhauser, U. Huggel, M. Bänninger, S. Stucki.

5. Preis (5000 Fr.): Jakob Höhn + Partner, Thun; Projektverfasser: W. Borter; Mitarbeiter: A. Tachsel.

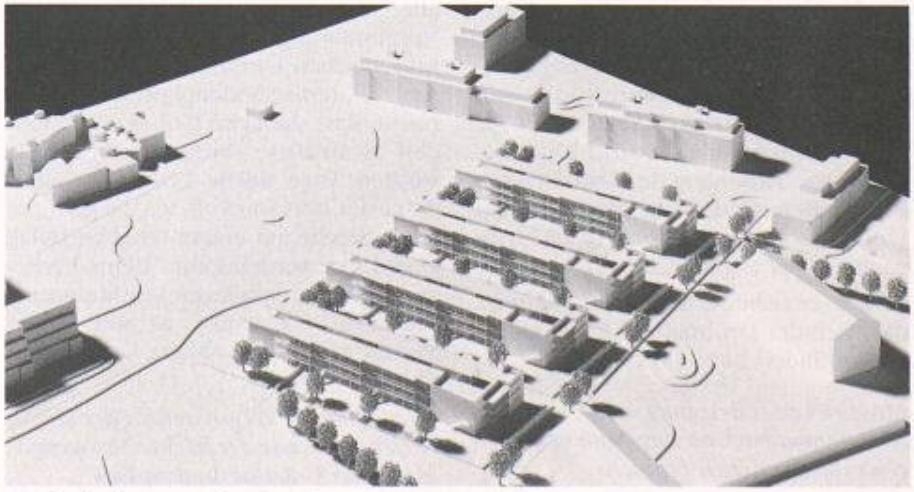
Fachpreisrichter waren: Heinz Kurth, Burgdorf, Rudolf Rast, Bern, Rolf Reusser, Thun, Johannes Saurer, Thun, Beat Gassner, Thun, Ersatz.

Betriebsgebäude Feuerwehr , Polizei, Winterthur, Überarbeitung

Die Stadt Winterthur veranstaltete einen öffentlichen Projektwettbewerb für zusammengefasste Betriebsgebäude der Feuerwehr und der Polizei. Teilnahmeberechtigt waren Architekten, die seit dem 1. Januar 1990 Wohn- oder Geschäftssitz in Winterthur haben. Es wurden 17 Projekte beurteilt. Zwei Entwürfe mussten wegen schwerwiegender Verletzung von Programmbestimmungen von der Preiserteilung ausgeschlossen werden. Ergebnis:

1. Preis (27 000 Fr.): Fierz + Baader, Basel

2. Preis (26 000 Fr.): Marcel Meili, Markus Peter, Zürich; Mitarbeiter: Götz Kern, André Bideau; Verkehr: Ernst Basler Part-



Wohnüberbauung Jolag-Gut, Thun. 1. Preis (13 000 Fr., mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Architektengemeinschaft J. Althaus, Pierre Grosjean, Bern