

Vertikale und horizontale Isolierung eines Hotelkomplexes gegen Eisenbahn- und Trameinwirkungen

Dipl.-Ing. **N. Jüngel**, Calenberg Ingenieure, Salzhemmendorf

Kurzfassung

In Düsseldorf wird in unmittelbarer Nähe zum Hauptbahnhof ein neuer Hotelkomplex errichtet. Dieser besteht aus drei eigenständigen Gebäuden, welche über eine gemeinsame Tiefgarage verbunden sind. Auf der den Bahngleisen gegenüberliegenden Grundstücksseite besteht eine Straßenbahntrasse. Beide Schienenwege sorgen für erhebliche Erschütterungsemissionen. Damit die Hotelgäste nicht durch sekundären Luftschall und/oder Erschütterungen in ihrer Ruhe gestört werden, ist das Ingenieurbüro imb-dynamik vom Projektentwickler mit einer baudynamischen Untersuchung beauftragt worden. Ziel der Untersuchung war es, eventuell erforderliche schwingungsisolierende Maßnahmen zu definieren. Im Rahmen dieser Untersuchung führte imb-dynamik vor Baubeginn Erschütterungsmessungen im Baufeld durch.

Diese Messergebnisse dienten zusammen mit der Gebäudeplanung als Grundlage für die Dimensionierung der erforderlichen schwingungsisolierenden Maßnahmen. Die prognostizierten Ergebnisse zeigten, dass der gesamte Gebäudekomplex vollflächig schwingungsisoliert werden musste. Auch an weiten Teilen der Kellerwände hatte die Installation einer schwingungsmindernden Trennschicht zu erfolgen.

Weitere Immissionsmessungen in der ausgehobenen Baugrube seitens imb-dynamik führten anschließend zu einer genaueren Auslegung, bei der an einigen Stellen die Maßnahmen etwas weniger strikt ausgelegt werden konnten als nach der anfänglichen Messreihe, was Materialeinsparungen zur Folge hatte.

Unterhalb der Gebäudefundamente ist eine horizontale Schutzmaßnahme mit zwei verschiedenen Abstimmfrequenzen (8 Hz und 11 Hz) erforderlich geworden. Als horizontale Lagerung ist ein auf Kautschuk basierendes kompaktes Material in einlagiger (11 Hz) und zweilagiger Ausführung (8 Hz) verwendet worden.

Wie die horizontale Schutzmaßnahme wies auch die Auslegung der Isolierungsmaßnahme an den Kellerwänden verschiedene einzuhaltende Parameter auf. Es gab Abschnitte mit einer niedrigen Anforderung (Bettungsmodul $\leq 0,04 \text{ N/mm}^3$) sowie Sektionen mit einer erhöhten Anforderung (Bettungsmodul $\leq 0,02 \text{ N/mm}^3$). Trotz unterschiedlicher Belastungen konnte die horizontale sowie nahezu die gesamte vertikale Isolierung mit dem gleichen Produkt ausgeführt werden. Nur in einigen Wandbereichen, ist aus konstruktiven Gründen (unterschiedliche Ausführung des Verbaus) ein zweiter Lagertyp zum Einsatz gekommen.

Im Vortrag wird neben der Auslegung ein Augenmerk auf konstruktive Details wie z.B. Rohrdurchführungen oder Abschrägungen sowie auf die Fixierung profilierter Noppenmatten vom Typ Cibatur® an senkrechten Wänden gelegt und gezeigt, wie Schallbrücken effektiv vermieden werden können.

1. Übersicht

Der gegen die Immissionen aus Eisenbahn- und Tramverkehr zu schützende Hotelkomplex besteht aus drei Gebäuden und liegt zwischen der Harkortstraße und dem Düsseldorfer Hauptbahnhof, siehe Bild 1, schraffierte und nummerierte Strukturen.

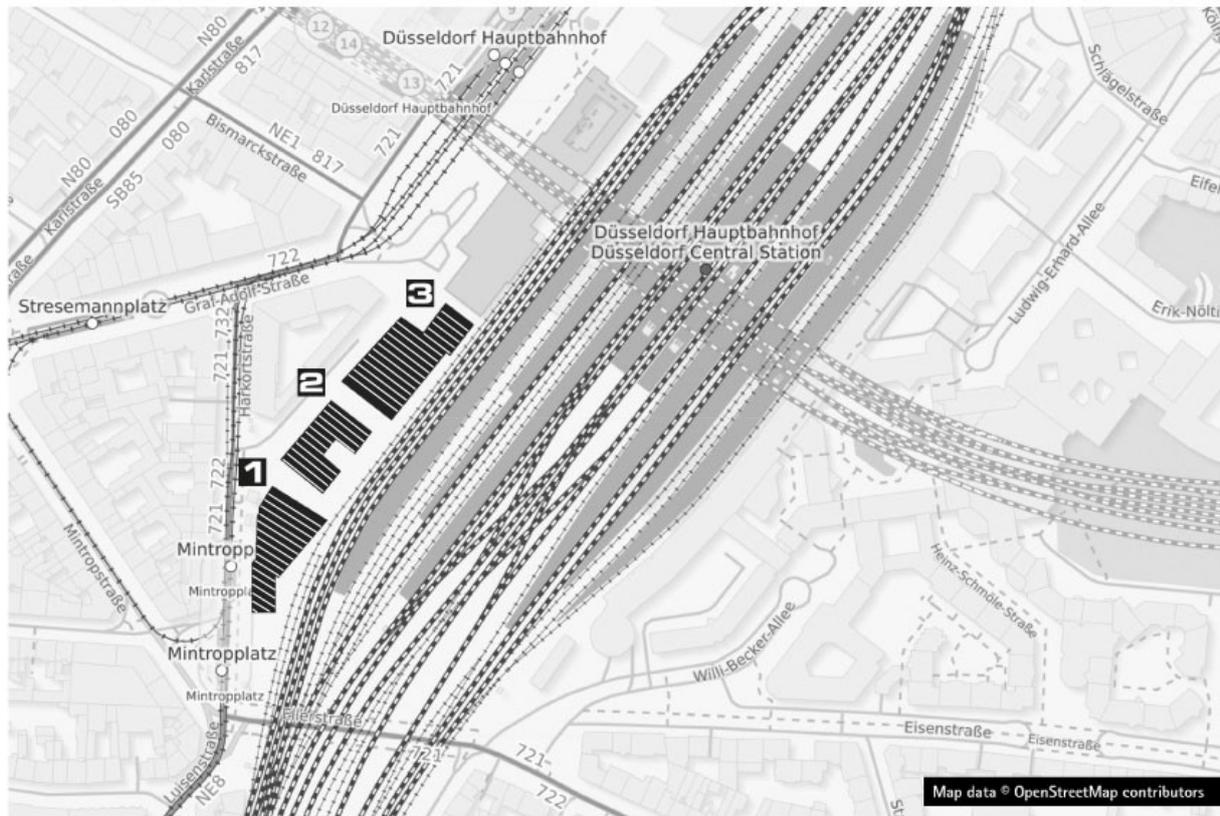


Bild 1: zu errichtende Gebäude am Düsseldorf Hbf, Bildquelle: Map data©OpenStreetMap contributors

Durch die Harkortstraße, westlich und nördlich des Bauareals angrenzend, führt eine Straßenbahnstrecke, die in beiden Richtungen von mehreren Linien bedient wird. Auf der Südostseite des Grundstücks befinden sich direkt angrenzend die Gleisanlagen samt Bahnsteigen des nordrhein-westfälischen Hauptstadtbahnhofs.

Um jeglichen Komfort in den Wohnbereichen der drei Gebäude zu gewährleisten, wurde das Ingenieurbüro imb-dynamik GmbH damit beauftragt, auf Basis von eigens durchgeführten Messungen der Erschütterungsimmissionen und der vorläufigen Tragwerksplanung dafür zu sorgen, dass erstens die in der geplanten Bebauung gegebenen sekundären Luftschall- und Erschütterungsimmissionen die Grenzwerte der einschlägigen Richtlinien einhalten und zweitens die die Eigentümer/Nutzer unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und konstruktiver Aspekte möglichst wenigen bzw. keinen wahrnehmbaren Immissionen ausgesetzt werden.

Eine konstruktive Anpassung in der Tragwerksplanung führte dazu, dass die Deckeneigenfrequenzen besser von den in den Erschütterungen vorkommenden Frequenzen

entkoppelt wurden. So wurde seitens des Ingenieurbüros entschieden, dass für den horizontalen Schwingungsschutz zwei verschiedene Maßnahmen ausreichen. Auch die vertikale Entkopplung wurde in zwei Bereiche unterteilt [1].

2. Lösung horizontale Entkopplung

Die horizontale Entkopplung aller Gebäude konnte in gerade einmal zwei unterschiedliche Anforderungsbereiche unterteilt werden. Die Eigenfrequenz der Schutzmaßnahme im Bereich "volle Anforderung" wurde mit einer Abstimmfrequenz von $f_{0,\text{voll}} \leq 8$ Hz festgelegt, die der Abschnitte "reduzierte Anforderung" musste $f_{0,\text{red}} \leq 11$ Hz betragen. Die Schutzmaßnahme sollte unter der Bodenplatte verlegt werden.

Vom Bauherrn wurde hier eine kegelnoppenförmig profilierte Erschütterungsmatte auf Naturkautschukbasis gewählt. Dieses Vollmaterial "Cibatur®" wurde bei der "reduzierten Anforderung" einlagig und in den Bereichen "volle Anforderung" zweilagig verlegt, die doppelt gelegte Variante wies zudem eine lastverteilende PVC-Platte auf, um den Anforderungen zu entsprechen [2]. Da sich die vertikalen Spannungen in beiden Abschnitten ähnelten wurde eine Übergangszone festgelegt, deren Steifigkeit zwischen der ein- und der zweilagigen Schutzmaßnahme lag, sie besteht aus einer Schicht Cibatur© und einer steiferen zweiten Schicht, ebenfalls durch eine PVC-Platte voneinander getrennt. In den Bildern 2 und 3 sind die Bereiche "volle Anforderung", "reduzierte Anforderung" und "Übergang" für die in Bild 1 als 1 und 2 bezeichneten Gebäude dargestellt.

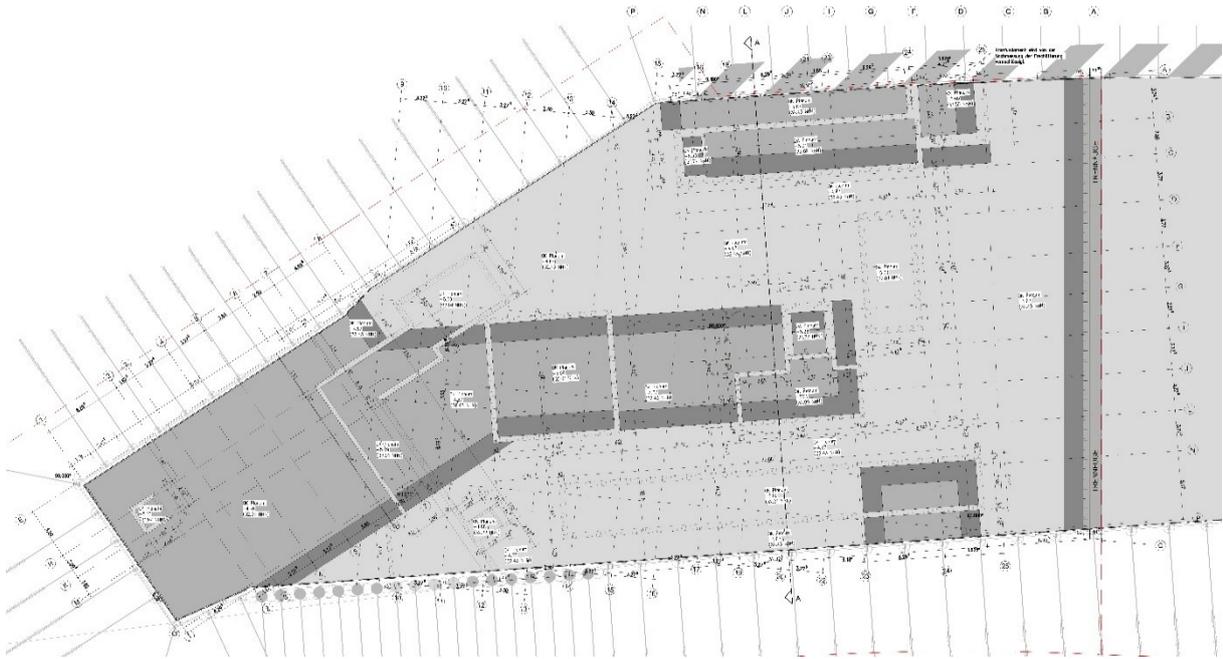


Bild 2: einlagige horizontale Entkopplung (hellgrau), zweilagige Entkopplung (mittelgrau) und Übergang (dunkelgrau), Gebäude 1

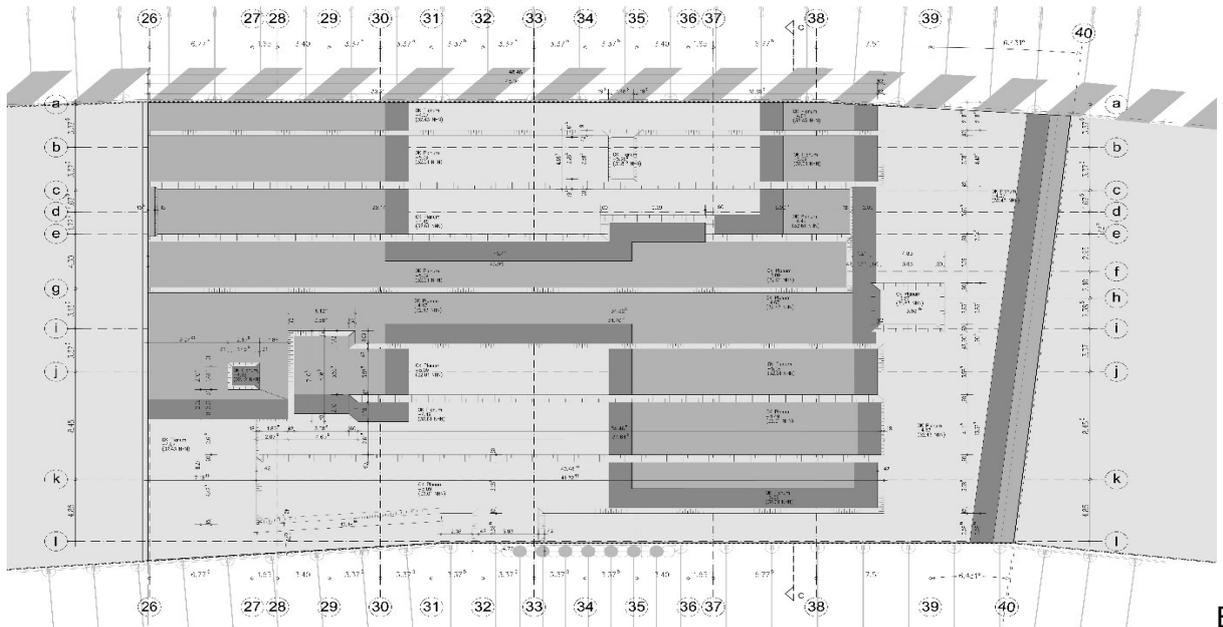


Bild 3: einlagige horizontale Entkopplung (hellgrau), zweilagige Entkopplung (mittelgrau) und Übergang (dunkelgrau), Gebäude 2

3. Lösung vertikale Entkopplung

Die Anforderungen an den vertikalen Erschütterungsschutz für die Abschnitte "Volle Anforderung" mussten einen Bettungsmodul $c_{dyn} \leq 0,02 \text{ N/mm}^3$ sowie einen Schubmodul, der

maximal die Hälfte des Wertes des Elastizitätsmoduls beträgt, aufweisen. Die Restriktion hinsichtlich des Schubmoduls war auch für die Bereiche "reduzierte Anforderung" maßgebend, jedoch genügte hier ein Bettungsmodul von $c_{dyn} \leq 0,04 \text{ N/mm}^3$ [1]. Je nach Erdruhe- bzw. Betonierdruck wurde die Dicke der vertikalen Schutzmaßnahme angepasst, um die in Abschnitt 1 genannten Ziele zu gewährleisten.

Zur Anwendung kam in beiden Bereichen ein auf EPDM basierendes geschlossenzelliges Material in verschiedenen Ausführungen. Die Isolierung wurde von der Geländeoberkante bis unter die Bodenplatte ausgelegt, dabei kam das Produkt Civerso Typ A, in Dicken von 20 und 43 mm, zum Einsatz. In Tiefen ab etwa zwei Metern unter Geländeroberkante wurde die Schutzschicht mit dem gleichen Material wie bei der horizontalen Isolation, der kegelstumpfförmigen Naturkautschukmatte, ausgeführt. In einigen Bereichen wurde aufgrund einiger unterschiedlicher Ausführungen des Verbaus ebenfalls auf Civerso Typ A zurückgegriffen. Die Außenseiten der Kellerwände wurden vollflächig isoliert. Bild 4 zeigt exemplarisch die Ansicht einer Seitenwand mit Civerso und Cibatur® als Schutzmaßnahme gegen die Vibrationen aus schienengebundenem Verkehr.

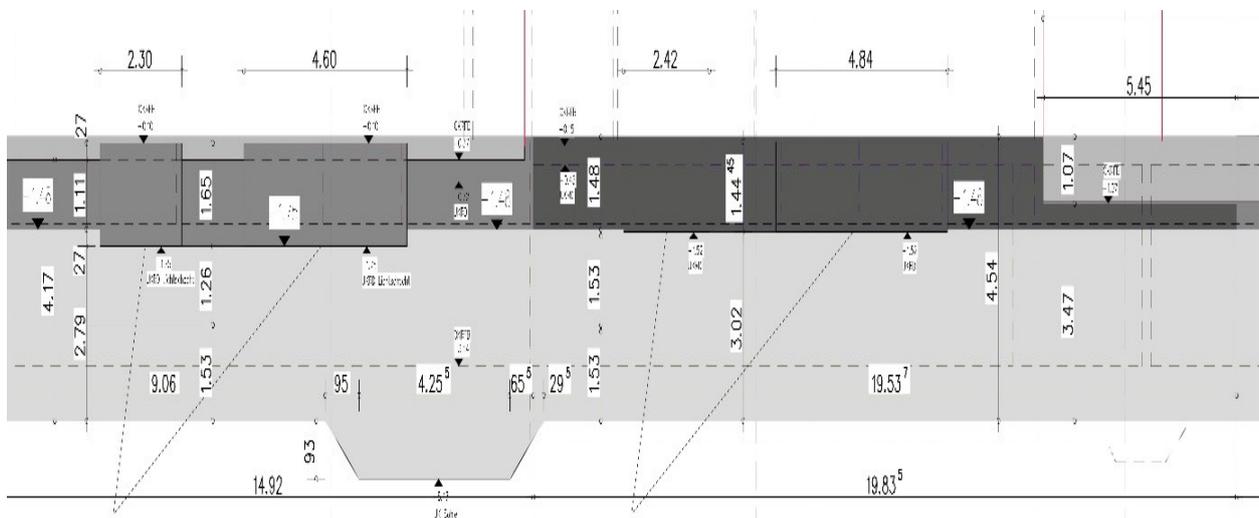


Bild 4: einlagige vertikale Entkopplung (mittelgrau), zweilagige Entkopplung (dunkelgrau) und Cibatur® (mittelgrau) aufgrund von unterschiedlicher Verbauausführungen am Gebäude 1

4. Ausführungen an Detailpunkten

Um einen wirksamen Erschütterungsschutz zu erhalten, dürfen keinesfalls Schallbrücken entstehen. Schon ein durch die Isolierung geschlagener Nagel kann dazu führen, dass die berechneten Einfügedämmwerte nicht eingehalten werden können. So wurde beispielsweise

bei der Fixierung der vertikalen Maßnahme während des Bauens als geeignete Befestigungsmittel Isolierdorne verwendet, Bild 5.

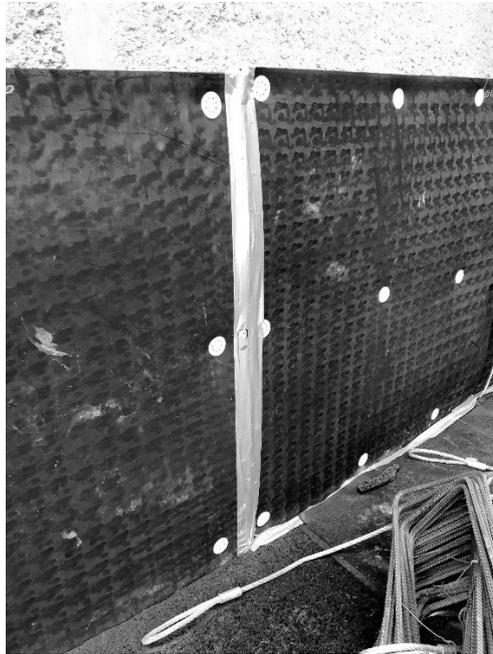
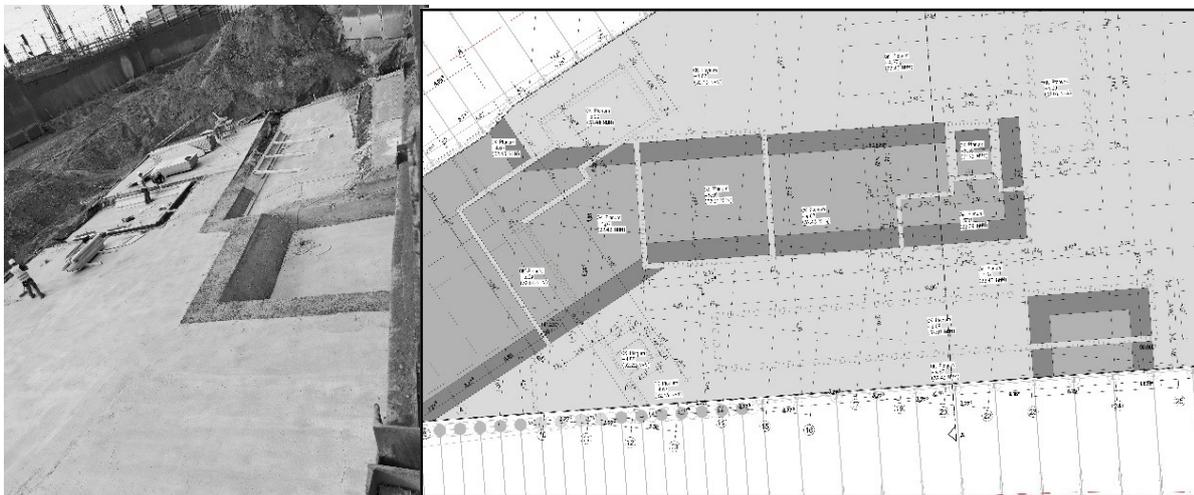


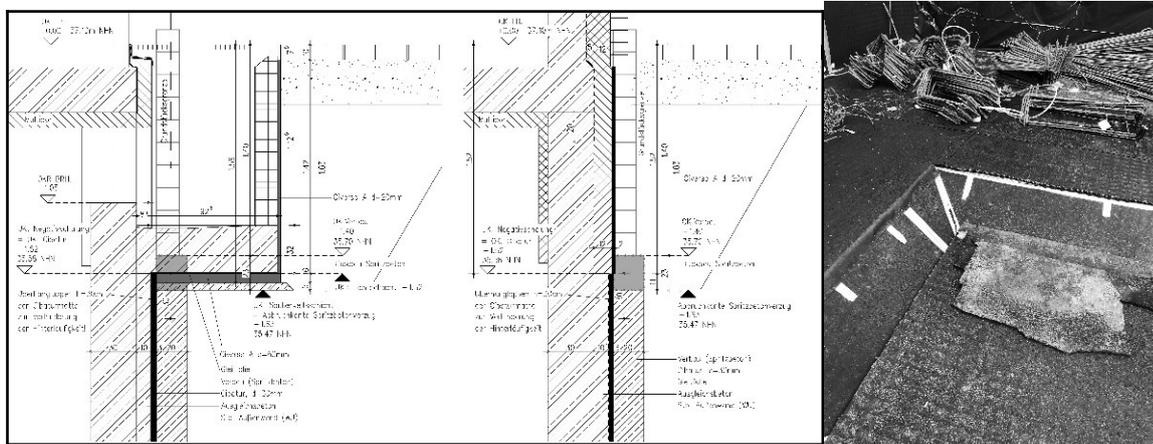
Bild 5: Vermeidung von Schallbrücken in der vertikalen Schutzschicht durch Verwenden geeigneter Befestigungsmittel (hier: Isolierdorn)



Bilder 6 und 7: hohe Anzahl von Stufen und Vouten in und unterhalb der Sohlplatte
Die Sohlplatte der drei Gebäude wies eine hohe Anzahl von Vertiefungen und gevouteten Abschnitten aus, wie in den Bildern 6 und 7 erkennbar ist.

Die sorgfältige Planung und Ausführung des Aufbaus und der Verlegung der Schallschutzmaßnahme ist äußerst wichtig, um Schallbrücken zu verhindern. Es muss

sichergestellt werden, dass keine Betonschlämme zwischen die Kegelstumpfnoppen eindringen kann und so eine korrekte Ausführung der Schutzmaßnahme bei Verhindern der Einfederung der Elastomermatte unterbindet.



Bilder 8 und 9: sorgsame Verlegung in der Planung und in der Praxis

Eine ununterbrochene elastische Schutzabdeckung ist unerlässlich, bei der horizontalen Isolierung wird dies mit Überlappungsstreifen, die serienmäßig am Elastomermattenrand angebracht sind, gewährleistet. Diese Streifen werden auf die nebenstehende Bahn getackert und die Fugen abgedichtet. Im Übergang von horizontalen zu vertikalen Bereichen muss ebenfalls besondere Sorgfalt geleistet werden. Das Abdichten sämtlicher Fugen bei z. B. Schächten, Rohrleitungen oder Vertiefungen erfordert sauberes Arbeiten in Detailplänen und auf der Baustelle, die Bilder 8 und 9 zeigen Beispiele.

- [1] BV Harkortstraße Düsseldorf, Bahnmmissionen, Bericht N3018707, imb-dynamik GmbH, Herrsching, 2018
- [2] Cibatur®, technisches Datenblatt, Calenberg Ingenieure, Salzhemmendorf 2020