

# Eco Silence – Entwicklung eines ökologisch optimierten Raum-in-Raum-Systems für den Office-Bereich

Christoph Kirch<sup>1</sup>, Sabrina Mix<sup>2</sup>, Jens-Uwe Schulz<sup>3</sup>, Uta Pottgiesser<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Ostwestfalen-Lippe, 32756 Detmold, Deutschland, E-Mail: christoph.kirch@hs-owl.de

<sup>2</sup> Hochschule Ostwestfalen-Lippe, 32756 Detmold, Deutschland, E-Mail: sabrina.mix@hs-owl.de

<sup>3</sup> Hochschule Ostwestfalen-Lippe, 32756 Detmold, Deutschland, E-Mail: jens-uwe.schulz@hs-owl.de

<sup>4</sup> University of Antwerp, Antwerpen, Belgien, E-Mail: uta.pottgiesser@uantwerpen.be

## Raum-in-Raum-Systeme im Office-Bereich

Eine aktuelle Umfrage zeigt, dass etwa 70% der Beschäftigten in offenen Bürostrukturen, nämlich in Open Space oder Gruppenbüros arbeiten [1] - trotz kontroverser Diskussion über akustische und visuelle Störungen dieser Raumlösungen. Sie weisen jedoch gegenüber den klassischen Zellenbüros oft eine verbesserte Flächeneffizienz auf und erlauben eine direktere Kommunikation zwischen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Um das störungsfreie Nebeneinander verschiedener Tätigkeiten in offenen Bürostrukturen zu verbessern, werden heute unter anderem Raum-in-Raum-Systeme eingesetzt, die sich auch nachträglich in größere Raumzusammenhänge einfügen lassen. Sie können unabhängig vom Gebäuderaster und den Anschlüssen an begrenzte Bauteile einen Bereich besonderer Schallabschirmung schaffen. Es werden so einerseits kommunikationsintensive Tätigkeiten wie Besprechungen oder Telefonate gegenüber den anderen Arbeitsbereichen abgeschirmt und andererseits kann das System als besonders ruhiger Raum, als sogenannter „Thinktank“, genutzt werden.

## Nachhaltigkeit im Bauwesen

Der Themenbereich „Nachhaltigkeit“ hat über die letzten Jahrzehnte an Bedeutung gewonnen. Das Bauwesen ist verantwortlich für etwa 50% des Abfallaufkommens in Deutschland [2] und für ca. 40% des Ressourceneinsatzes weltweit. Vor diesem Hintergrund wird die Notwendigkeit ressourcenschonender und schadstoffarmer Bauweisen deutlich. Ebenso sind auch die Anforderungen an Innenräume gestiegen und um die Bereiche der Nachhaltigkeitsbewertung und der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessments - LCA) erweitert worden.

Heute herrscht Konsens darüber, dass Nachhaltigkeit die drei Dimensionen „Ökologie“, „Ökonomie“ sowie „Soziales“ und „Kulturelles“ umfasst [3] und nur realisiert werden kann, wenn alle Dimensionen berücksichtigt werden. Auf diesem Grundmodell aufbauend wurden in den letzten Jahren umfangreiche Normen und Zertifizierungssysteme entwickelt, die auf Bauten, Bausysteme und Bauprodukte angewendet werden können [4][5][6].

Da sich Gebäude aus Bauprodukten und Bausystemen zusammensetzen, bestimmt deren Erfüllung der Nachhaltigkeitskriterien anteilig die Nachhaltigkeit des gesamten Gebäudes.

## Nachhaltigkeit üblicher Raum-in-Raum-Systeme

Raum-in-Raum-Systeme für den Office-Bereich werden von einigen Trennwandherstellern angeboten. Akustisch werden dabei zwei Funktionen benötigt: die Schalldämmung, welche

eine Pegelminderung durch die Wand erreicht und die Schallabsorption im Raum, die für eine ruhige Akustik im Rauminneren sorgt.

Ein Raum-in-Raum-System ist damit grundsätzlich geeignet, in den Bewertungssystemen in den ökonomischen und soziokulturell-funktionalen Nachhaltigkeitskriterien „Akustischer Komfort“, „Visueller Komfort“ (Tageslicht) und auch „Flächeneffizienz“ einen positiven Beitrag zu leisten.

Bisher werden solche Raum-in-Raum-Systeme nur nach konstruktiven, akustischen, ökonomischen und gebäudetechnischen Anforderungen entwickelt und ökologische Aspekte nur unwesentlich berücksichtigt. Um die Vorteile eines Raum-in-Raum-Systems für den Bereich Nachhaltiges Bauen optimal nutzbar zu machen, müssen aber auch die ökologischen Nachhaltigkeitskriterien, wie Energieeffizienz, die Minderung des Treibhauspotentials, aber auch die Reduzierung von Schadstoffen erfüllt werden. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen ein markterhältliches Raum-in-Raum-System mit Aluminiumprofilen und Glasflächen in Kombination mit einem Schallabsorber aus PUR-Schaum in einer Stahlblechkassette. Für diese Gesamtkonstruktion wurde eine überschlägige Ökobilanz erstellt, um den Einfluss der einzelnen Komponenten am Gesamtsystem aufzuzeigen.

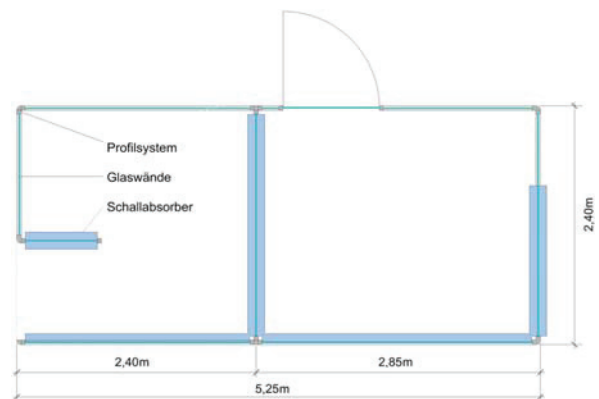


Abb. 1: Zeichnung (Grundriss) des für die überschlägige Bilanzierung verwendeten Raum-in-Raum-Systems



Abb. 2: Visualisierung des für die überschlägige Bilanzierung verwendeten Raum-in-Raum-Systems

Abbildung 3 zeigt die für das System überschlägig ermittelten ökologischen Daten für den Primärenergiebedarf (PERT+PERNT) und das Treibhauspotential (GWP). Gerechnet wurde mit den Durchschnittsdaten, die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) über die ÖKOBAUDAT [7] bereitgestellt werden. Dargestellt sind die modularisierten Prozesse nach der DIN EN 15804 [6] für die Herstellung (Modul A), Beseitigung (Modul C) und das Recyclingpotential (Modul D). Dazu wurde die Summe über die Prozesse Herstellung, Beseitigung und Recycling (Module A, C und D) berechnet. Da durch das Recycling z.T. Gutschriften entstehen, wie etwa bei der Nutzung des Heizwertes bei Verbrennung von Kunststoffen, wird in Summe der Gesamtenergieaufwand reduziert und es zeigt sich die eigentlich relevante Größe. Dabei wurden Vereinfachungen gemacht (keine Beleuchtung und Belüftung) und z.T. mussten vergleichbare Ersatzmaterialien (PUR-Weichschaum nicht als Datensatz für Matten vorhanden) verwendet werden.

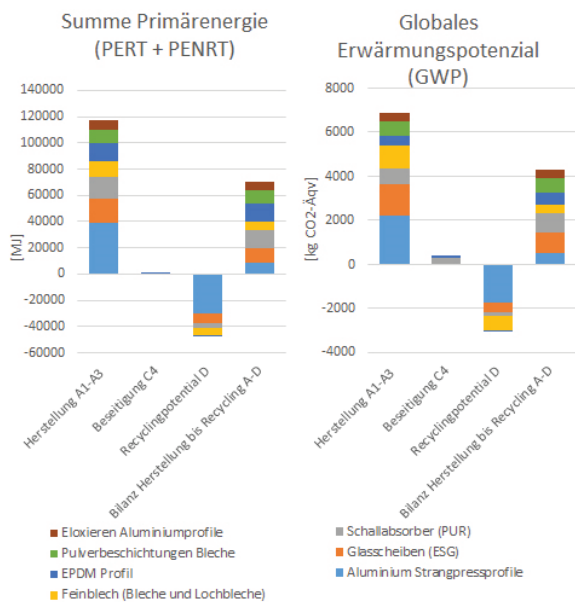


Abb. 3: Ökobilanz eines Raum-in-Raum-Systems in konventioneller Bauweise

Die überschlägige Ermittlung der Ökobilanz zeigt den relativ ähnlichen Anteil jedes einzelnen Bauteils zur Gesamtbilanz, was vor allem durch die jeweiligen Gutschriften durch das anrechenbare Recyclingpotential entsteht. Daraus lässt sich ableiten, dass zur Erreichung der Zielsetzung des Projekts in allen Bauteilen Veränderungen vorgenommen werden müssen. Denn es ist Ziel des Projekts, je 50% bei der Primärenergie und beim Treibhauspotential einzusparen. Diese Veränderungen sollen natürlich bei gleichbleibender Performance der bauphysikalischen und konstruktiv-statischen Eigenschaften erreicht werden.

Der Fokus wurde auf die Entwicklung und Substitution durch ökologischere Materialien gelegt und hierfür alternative schallabsorbierende Materialien sowie Materialien für die Konstruktion (Schalldämmung) gesucht.

### Ermittlung akustisch wirksamer Absorptionsmaterialien unter ökologischen und ökonomischen Aspekten

Für die Schallabsorption kommen generell poröse oder faserige Materialien in Frage. Der Schwerpunkt der Recherche wurde auf organische Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen gelegt, da hier eher mit einer Einsparung von Energie und vor allem von Treibhausgasen zu rechnen ist.

Nach der Zusammenstellung der Materialdaten wurden eine Bewertung und eine Auswahl für die akustischen Messungen getroffen. Es wurden Kombinationen von Schafwolle- bzw. Holzfaserplatten verschiedener Rohdichte verwendet. Im Anschluss an die empirische Entwicklung des Schallabsorbers wurde mit den genau verwendeten Massen und Materialien eine vergleichende Ökobilanz erstellt. Eine Kombination aus Mineralwolle verschiedener Dichten (siehe Forschungsprojekt „SilenceProtect“ [8]) und ein Schallabsorber aus PUR-Schaum wurden zum Vergleich der Ökobilanz herangezogen, um die Verbesserung der Umweltwirkung einordnen zu können (siehe Abb. 4 und Tabelle 1). Es zeigt sich, dass mit der Holzfaser im Vergleich zum PUR-Schaum ca. 80% Primärenergie eingespart werden können. Beim CO<sub>2</sub> gibt es sogar eine Gutschrift. Da sowohl das Bewertungssystem BNB, als auch DGNB die ÖKOBAUDAT als Datengrundlage verwenden, wurde diese zur Bewertung der Umweltwirkungen der Materialien herangezogen – wieder über die Module A, C und D nach DIN EN 15804.

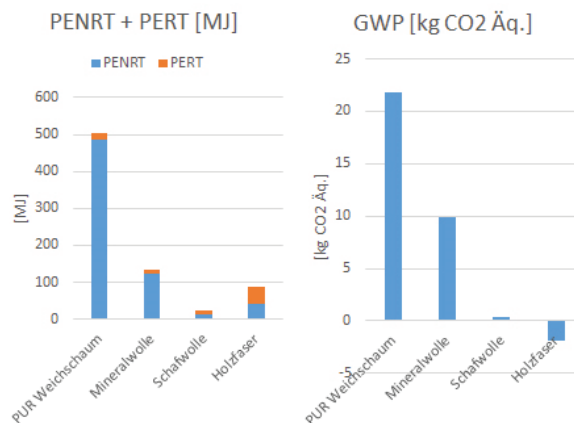


Abb. 4: Gesamtenergiebedarfe aus Total nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT) + Total erneuerbarer Primärenergie (PERT) sowie Treibhauspotential (GWP) pro m<sup>2</sup> Schichtaufbau, bei 10 cm Gesamtschichtdicke – Betrachtungsrahmen 25 Jahre

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Schallabsorber für die vergleichende Ökobilanz

Material	PUR-Schaum	Mineralwolle	Schafwolle	Holzfaser
Schichtenanzahl	5	2	2	2
Gesamtdicke (cm)	10	10	10	10
Gewicht (kg/m <sup>2</sup> )	4,36	7	6,3	7,4

### Ermittlung von Konstruktionsmaterialien unter ökologischen und ökonomischen Aspekten

Das Raum-in-Raum-System hat vor allem die Aufgabe, den Schallpegel zwischen Innenraum und Außenraum in einem definierten Maß zu reduzieren. Diese Aufgabe hat die Trennwand primär zu erfüllen. Meist werden vergleichende Ökobilanzen von Materialien auf eine Gewichtseinheit,

Fläche oder ein Volumen bezogen. Welche Materialien aber in Hinblick auf einen vergleichbaren Schalldämmwert (als Funktionale Einheit) einen ökologischen Vorteil aufweisen, das musste erst ermittelt werden.

Das Schalldämmmass flächiger Materialien ist zum einen vom Flächengewicht als auch von der Biegesteifigkeit, die auch von der jeweiligen Schichtdicke beeinflusst wird, abhängig. Hier besteht die Schwierigkeit, dass gerade in dem für das Raum-in-Raum-System notwendigen Schalldämmbereich von 29-36 dB, der Koinzidenzeinbruch (Spuranpassungsgrenzfrequenz, bei der die Wellenlänge der Spur des Luftschalls mit der Länge der Biegewelle des Bauteils übereinstimmt), einen entscheidenden Einfluss nimmt. Dieses Phänomen musste auch bei der vergleichenden Bewertung der Flächenmaterialien auf ihre Umweltwirkung hin berücksichtigt werden. Der Vergleich allein in Bezug auf eine Gewichtseinheit wäre zu kurz gegriffen. Das materialabhängige Flächengewicht für die Erreichung eines bestimmten Schalldämmmaßes muss bei der Ökobilanz gegenübergestellt werden. So müssen z.B. 8 kg/m<sup>2</sup> Stahlblech mit ca. 25 kg/m<sup>2</sup> Flachglas verglichen werden, da beide einen Schalldämmwert von 32 dB erreichen.

Der Schalldämmbereich 29–36 dB ist für einschalige Bauteile im Baubereich eher gering. Mit leichten, biegeweichen Materialien werden vorzugsweise zweischalige Bauteile mit relativ großem, bedämpften Zwischenraum erstellt. Dies sollte jedoch für das Raum-in-Raum-System vermieden werden, da sich neben dem größeren Bauvolumen auch der konstruktive Aufwand unverhältnismäßig erhöhen würde. Mit der Zusammenstellung empirischer Schalldämmmaße einschaliger Plattenmaterialien aus Literatur [9][10] und Herstellerangaben und anschließender Selektion einiger geeignet erscheinender Materialien mit den Schalldämmmaßen 29-33 dB und 34-36 dB, konnte eine vergleichende Ökobilanz mit den Daten der ÖKOBAUDAT durchgeführt werden (Abb. 5 und 6, Tabelle 2). Mit diesen Ergebnissen kann eine Auswahl von Wandflächenmaterialien für die Konstruktion erfolgen, die bei gleicher Schalldämmwirkung verbesserte ökologischen Eigenschaften besitzt - bspw. mit einer Spanplatte anstelle von Glas.



Abb. 5: Gesamtenergiebedarfe aus Total nicht-erneuerbar Primärenergie (PENRT) + Total erneuerbar Primärenergie (PERT) pro m<sup>2</sup> Plattenwerkstoff für 29-33 dB und 34-36 dB – Betrachtungsrahmen 25 Jahre

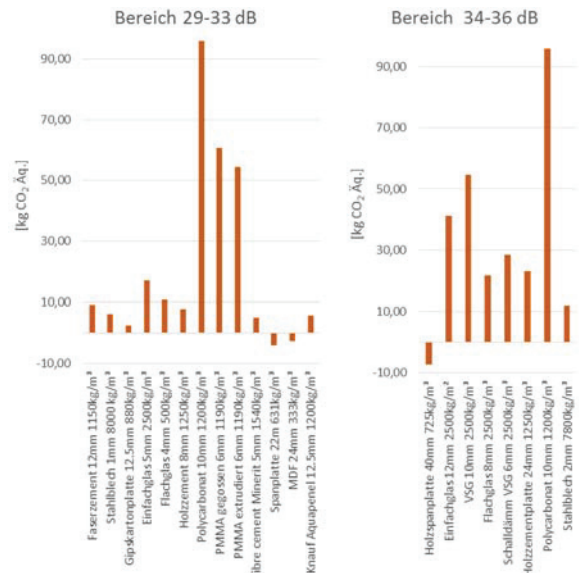


Abb. 6: Treibhauspotential (GWP 100) pro m<sup>2</sup> Plattenwerkstoff für 29-33 dB und 34-36 dB

Tabelle 2: Schalldämmmaße der selektierten einschaligen Materialien mit Flächengewicht und Schichtdicke

Schall-dämmung	Material	Produkt	Hersteller	Schicht-dicke	Rob-dichte	Flächen-gewicht	
				mm	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	
Bereich 29-33 dB	31	Faserzement	Multi Force	Eternit	12	1150	13,9
	31	Stahlblech			1	8000	8
	32	Faserzement	Pastel Okra	Minerit	8	1850	14,8
	30	Gipskarton			12,5	880	11
	30	Einfachglas		Nach DIN	5	2500	12,5
	30	Flachglas	Planilux	SGG	4	2500	10
	30	Holz-zement	Duripanel	Eternit/Siniat	8	1250	10
	29	Poly-carbonat	Makrolon®	Bayer	10	1200	12
	30	PMMA gegossen oder extrudiert	Plexiglas GS, Plexiglas XT	Evonik	6	1190	7,14
	30	Faserzement	Windstopper	Minerit	5	1540	7,7
	29	Spanplatte	Spanplatte	Schauman	22	632	13,9
	30	Holz-faser-platte	LION	Fi. Fibreboard Ltd.	24	333	8
	33	Faserzement	Cement Board Indoor	Knauf	13	1200	15,6
Bereich 34-36 dB	35	Holz-span-platte			40	725	29
	34	Einfachglas		Nach DIN	12	2500	30
	34	VSG		Nach DIN	10	2500	25
	34	Flachglas	Planilux	SGG	8	2500	20
	36	Schall-dämm-VSG	STADIP SILENCE	SGG	6	2500	15
	35	Holz-zement	Duripanel	Eternit/Siniat	24	1250	30
	34	Poly-carbonat	Makrolon® Silent Sound	Bayer	10	1200	12
36	Stahlblech			2	7800	15,6	

Auch für Plattenmaterialien, welche für die Schallabsorber-Verkleidungen verwendet werden können wurde eine Materialrecherche, -auswahl und die Ökobilanz erstellt (Abbildung 7 und 8, Tabelle 3). Die Schichtdicken sind hier durch Marktverfügbarkeit und über die nötige Stabilität definiert. Allerdings werden hier nur die überwiegend unperforierten Plattenmaterialien verglichen, da für gelochte Platten keine Daten zur Verfügung standen. Trotzdem zeigt sich, dass durch Holzwerkstoffe zwar nennenswert CO<sub>2</sub> eingespart werden kann, bei der Primärenergie gestaltet sich die Einsparung jedoch schwieriger.

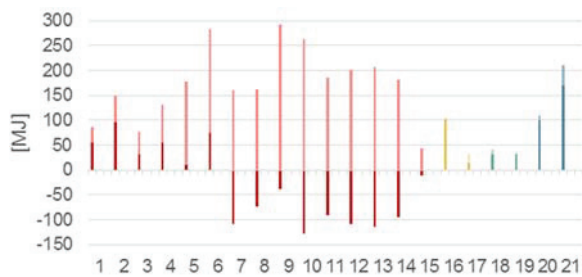


Abb.7: Energiebedarfe aus total nicht-erneuerbar Primärenergie (PENRT) + total erneuerbar Primärenergie (PERT) pro m<sup>2</sup> Plattenwerkstoff für Schallabsorber-Verkleidungen

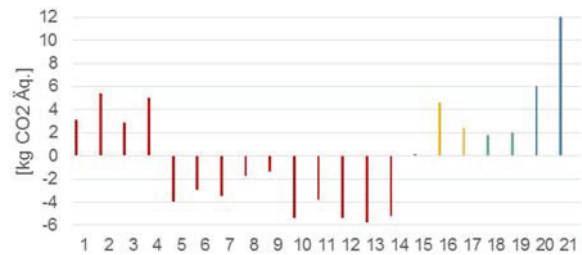


Abb. 8: Treibhauspotential (GWP 100) pro m<sup>2</sup> Plattenwerkstoff für Schallabsorber-Verkleidungen

Tabelle 3: Nr. (Zuordnung zu den Ökobilanz-Diagrammen), Produktbezeichnung und Schichtdicke der selektierten einschaligen Materialien für Schallabsorber-Verkleidungen

Nr.	Produkt	mm
1	Heradesign Deckenplatte	15
2	Heradesign Deckenplatte	26
3	Holzwohle-Leichtbauplatte	15
4	Holzwohle-Leichtbauplatte	26
5	MDF (Roh)	10
6	MDF beschichtet	11,7
7	Spanplatte (roh)	19
8	Spanplatte (beschichtet)	19
9	Furniersperrholz (Durchschnitt DE)	9
10	3- und 5-Schicht Massivholzplatte (Durchschnitt DE)	27
11	3- und 5- Schicht Massivholzplatte	19
12	Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE)	20
13	Hobelware	20
14	Lignotrend	33
15	Hochdichte Faserplatte (Durchschnitt DE)	3
16	PET-Vlies	8
17	Akustik Filz Schafwolle	9
18	Knauf - Gipskartonplatten GKB - Bauplatte 12,5 mm	12,5
19	Gipskartonplatte (Lochplatte)	12,5
20	Stahl Feinblech (0,3-3,0mm)	1
21	Aluminiumblech	2

Obwohl transparente Flächen für Belichtung und visuelle Verbindung der Raumbereiche bestehen müssen, sind doch für die schalldämmenden Materialien im Bereich der Decke und opaken Wandflächen, sowie der schallabsorbierenden Flächen, alternative Materialien mit besserer Ökobilanz einsetzbar. Damit sind Verbesserungen der Ökobilanz des Raum-in-Raum-Systems möglich, ohne nennenswert in die formale Gestaltung des Systems eingreifen zu müssen.

### Weiteres Vorgehen im Projekt Eco Silence

Im weiteren Projektverlauf wird das Raum-in-Raum-System gestaltet und durchkonstruiert, wobei hier neben der ökologischen Materialauswahl auch Lösungen für eine optimale Rückbaufähigkeit einfließen werden. Reversible Fügetechniken der unterschiedlichen Baustoffe ermöglichen

eine sortenreine Materialtrennung des Systems im End-of-Life-Szenario und verbessern die Recyclingfähigkeit. Geklebte Verbindungen sind hier ungünstig, da die Materialien nicht optimal den jeweiligen Stoffkreisläufen zugeführt werden können. Das gilt bisher auch für VSG-Glas.

### Marktrelevanz, Nachhaltigkeit, Nutzerkomfort und -gesundheit

In der Innenarchitektur zeigt sich bereits seit einiger Zeit der Trend zu natürlichen Materialien, nachwachsenden Rohstoffen und zu wohnlichen und wohngesunden Umgebungen. Arbeitsplätze werden nicht mehr ausschließlich funktional betrachtet, sondern auch nach ihrer Wirkung auf die Aufenthaltsqualität und das Wohlbefinden und die Gesundheit der Nutzer. Dies bedingt insgesamt eine Zunahme des Marktpotentials für nachhaltige Produkte, über die reinen Umweltdaten hinaus, sowie die Notwendigkeit neuer, nachhaltiger Konstruktionsweisen insbesondere für Elemente des Innenausbau und damit auch für Raum-in-Raum-Systeme.

### Bibliographie

- [1] The Steelcase Global Report: Mitarbeiterengagement und Arbeitsplätze in aller Welt. Steelcase Inc., 2016
- [2] Statistisches Bundesamt, Destatis: Abfallbilanz. Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge, 2017
- [3] SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen): Umweltgutachten 2008 - Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin, 2008
- [4] BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB), Kriterien - BNB Büro- und Verwaltungsgebäude – Neubau. Berlin, 2015
- [5] DGNB: DGNB System Innenräume, 2017. URL: <http://www.dgnb-system.de/de/nutzungsprofile/alle-nutzungsprofile/innenraeume.php>
- [6] DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2014
- [7] BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit): ÖKOBAUDAT, Version 2016. URL: <http://www.oekobaudat.de/>. Berlin, 2016
- [8] Kirch, C.; Böhm, T. : Layers and Composites - Vom Zufallsprodukt zur gezielten Produktentwicklung. In: Pottgiesser, U.; Strauß, H. (ed.) (2013). Product Development and Architecture. Visions, Methods, Innovations." Boston, Basel: Birkhäuser. 2013
- [9] Fasold, W.; E., Sonntag: Bauakustik. Berlin: VEB Verlag, 1978
- [10] Larm, P.; Hakala, J.; Hongisto, V.: Sound insulation of Finnish building boards. in: Work Environmental Research Report Series 22, Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki, Finland, 2005