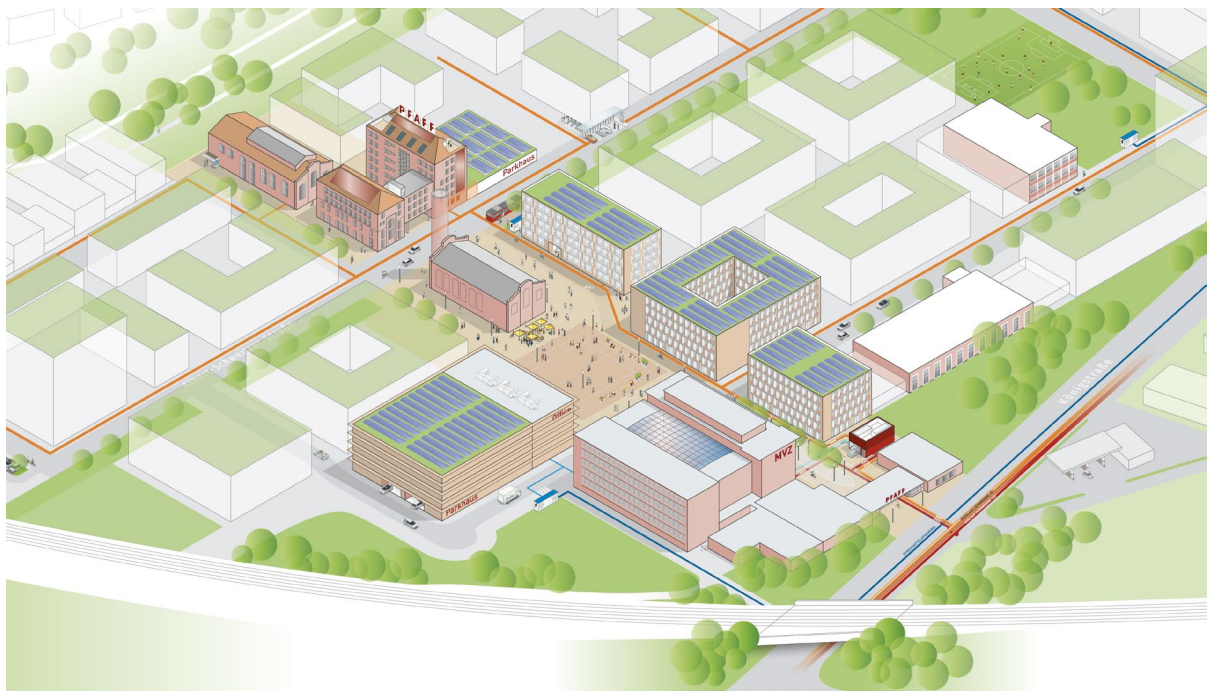


Forschungsbericht

LCA von Innenböden im Reallaborzentrum

Forschungsbericht erstellt im Rahmen des Schlussberichts
zum Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff
„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern“



< Forschungsbericht

LCA von Innenböden im Reallaborzentrum >

Forschungsbericht erstellt im Rahmen des Schlussberichts zum
Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff:

„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern - Integrierte
Konzepte, innovative Technologien und sozialwissenschaftliche Forschung
im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere“

Teilvorhaben EnStadt:Pfaff: „IfaS Lebenszyklusbetrachtung“

Förderndes Ministerium:	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Projektträger:	Forschungszentrum Jülich GmbH
Förderkennzeichen:	03SBE112H
Projektlaufzeit:	01.10.2017 – 31.12.2024
Autoren:	Manuel Schaubt
Ausführende Stelle:	Hochschule Trier - Trier University of Applied Sciences - Umwelt- Campus Birkenfeld - Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Veröffentlicht:	April 2020

Die Verantwortung der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das Verbundprojekt EnStadt:Pfaff wurde von 8 Partnern
durchgeführt und als Leuchtturmprojekt gemeinsam gefördert
vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen zu EnStadt:Pfaff: <https://pfaffquartier-klimaneutral.de/>

Abkürzungsverzeichnis

AP	Acidification Potential	Versauerungspotenzial
EP	Euthropicationpotential	Überdüngungspotenzial
FW	Fresh Water demand	Frischwasserverbrauch
GWP	Global Warming Potential	Treibhausgaspotenzial
ODP	Ozone Depletion Potential	Ozonabbaupotenzial
PENRE	Primary Energy Non-Renewable Energetic	Nicht-Erneuerbare Primärenergie energetisch
PENRM	Primary Energy Non-Renewable Materialc	Nicht-Erneuerbare Primärenergie materiell
PENRT	Primary Energy Non-Renewable Total	Nicht-Erneuerbare Primärenergie total
PERE	Primary Energy Renewable Energetic	Erneuerbare Primärenergie energetisch
PERM	Primary Energy Renewable Material	Erneuerbare Primärenergie materiell
PERT	Primary Energy Renewable Total	Erneuerbare Primärenergie total
POCP	Photochem. Ozone Concentration Potential	Fotochemisches (bodennahes) Ozonabbaupotenzial

1 Einführung

Der folgende Vergleich, dargestellt durch zwei Matrizen zum Bereich LCA, ermöglicht eine Übersicht über jene Datensätze der OBD_2021_I (Ökobaudat), welche sich maßgeblich auf (Innen-)Böden beziehen. Hierbei werden verschiedene Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und sonstige Umweltinformationen sowie Indikatoren für die Umweltwirkung aufgezeigt.

Die erste Matrix gibt hierbei die benannten Parameter und Indikatoren bezogen auf die Masse pro kg wieder. Die zweite Matrix berücksichtigt den benötigten flächenbezogenen Volumenaufbau und gibt die Ergebnisse pro m² wieder.

Beide Tabellen sind geordnet nach Materialarten (Materialcluster) und Materialien, mit sich jeweils von oben nach unten verringerndem nicht erneuerbarem Primärenergiebedarf (Erste Spalte im „Ampelbereich“). Die verwendete Bezeichnung dafür lautet Primary Energy Non-Renewable Total (PENRT). Ein weiteres wichtiges Kriterium ist das Treibhausgaspotenzial (zweite Spalte im „Ampelbereich“). Die verwendete Bezeichnung dafür lautet Global Warming Potential (GWP). Dieses ist stark abhängig von der PENRT, es besteht jedoch kein direkter linearer Zusammenhang. Die Tendenz liegt hierbei in der Richtung, dass ein niedriger Primärenergiebedarf auch mit niedrigem Treibhausgaspotenzial einhergeht. Dies wird u.a. durch die automatisierte Farbgebung innerhalb der Matrizen ersichtlich.

Die Materialart Estrich bildet in der Ordnung ggf. eine Ausnahme, da diese i. d. R. als notwendiger Unterboden für jeden weiteren Bodenbelag immer vorhanden sein sollte, sie wird als Erstes (oben) in den Matrizen angezeigt.

Eine weitere Materialart, welche eine Ausnahme bildet, ist Parkettlack. Diese wird direkt unter der Materialart Parkett angezeigt, da sie zusammen mit dem Parkett, in Bezug auf dessen Versiegelung, eine Einheit darstellt. Weitere Möglichkeiten der Versiegelung wären durch Öle, Wachse und Hartwachse gegeben. Diese sind jedoch aufgrund ihrer Abstinenz in der OBD_2021-I sowie niedrigerer Strapazierfähigkeit und erhöhtem Pflegeaufwand in dieser Betrachtung nicht enthalten. Es wird stattdessen davon ausgegangen, dass die Lackversiegelung des Parketts die sinnvollste Möglichkeit im Rahmen der vorgesehenen Nutzung darstellt.

Für die PENRT und das GWP sind in der Zeile, in welcher sich in der Anfangsspalte auch die Bezeichnungen für die Materialcluster befinden, jeweils auf Spaltenhöhe der Werte für PENRT und GWP, die Mittelwerte für die Materialien aus den Clustern zu finden.

Des Weiteren werden Werte für ODP, POCP, AP, EP und FW ebenfalls ergänzend gezeigt.

2 Innenböden nach Materialcluster – Ergebnisse pro kg

Datensätze bzgl. Innenböden - Produktname (DE/EN)												
Alle Ergebnisse pro kg												
Bezugs- größe	Bezugs- einheit	Rohdichte (kg/m³)	Bezugsmasse	PENRT		GWP	ODP	POCP	Versauerung	Überdüngung	EP	FW
				Primär-energie nicht-erneuerbar	Treibhausgas							
				MJ	kg CO2	kg CDFB	kg C2H2	kg SO2				
Estrich				Mittelwert:	0,20							
1	kg	1500	1	1,33635	0,187826	3,5855E-14	0,00031583	0,00004709	0,00039891			
1	kg	2400	1	1,470813447	0,201751639	5,95902E-14	1,64591E-05	3,96473E-05	0,000292417			
1	kg	1500	1	1,725697065	0,125214507	7,9901E-16	1,26298E-05	4,15901E-05	0,000842031			
1	kg	1500	1	1,88794	0,145266	6,37274E-13	2,08019E-05	4,16822E-05	0,00045361			
1	kg	1800	1	6,630423423	0,350955792	3,53357E-15	5,16254E-05	8,89636E-05	0,00183547			
1	kg	2400	1	7,676369535	0,199693652	7,5361E-16	4,32999E-05	0,00041792	0,000256434	0,000418818		
Parkett				Mittelwert:	0,11							
1	qm	500	11	-4,771818182	0,059454545	6,33945E-10	0,001069428	0,00375036	0,000569609	0,00033545		
1	qm	410	7,37	-3,920963454	-0,13887508	9,0762E-09	0,00617692	0,0032915	0,000691549	0,140373334		
1	qm	0	11,5	-1,744054454	0,19318957	-7,04691E-15	0,001988841	0,003074523	0,00073585	0,00976329		
1	qm	0	7,01	-0,486888445	0,05040636	6,23813E-09	0,000751099	0,002946221	0,000634407	0,010151141		
1	qm	0	6,5	5,95890469	0,777279163	6,60182E-15	0,001106862	0,00386574	0,000886256	0,011537415		
1	qm	667,67	8,88	18,51719002	-0,297893721	3,90207E-13	0,004016	0,008878075	0,002079927	0,008196854		
Parkettlack				Mittelwert:	3,30							
1	kg	0	1	33,84599426	2,47570872	2,6898E-15	0,000511034	0,00260765	0,000299315	0,01198803		
1	kg	0	1	69,28352877	4,120161302	2,30936E-14	0,000709157	0,00480515	0,000619339	0,020705363		
Naturstein				Mittelwert:	0,57							
1	qm	0	52	5,331706334	0,405454195	4,6312E-15	0,000200047	0,003374859	0,000383356	0,00236786		
1	qm	0	52	9,453164021	0,729127613	9,41502E-15	0,000289653	0,004192435	0,000467629	0,004852092		
Laminat				Mittelwert:	0,69							
1	qm	875	7,45	10,07920886	0,688550872	5,96674E-08	0,000633169	0,003025268	0,001043866	0,248821507		
Linoleum				Mittelwert:	2,57							
1	qm	0	3,1	23,67984595	2,208510563	6,75148E-13	0,00033455	0,006971786	0,006173432	0,018479125		
1	qm	0	3,1	38,85637742	2,921710645	2,39647E-12	0,000447837	0,010335377	0,006759419	1,485478832		
Gummi				Mittelwert:	4,25							
1	qm	0	4,82	36,98376158	3,85665483	-1,83572E-14	0,00032525	0,003692999	0,000367394	0,014509418		
1	qm	0	3,82	48,99400592	4,64457836	1,21202E-15	0,000750812	0,005774468	0,00081962	0,02191882		
Polyvinylchlorid (PVC)				Mittelwert:	4,28							
1	qm	0	3,25	44,510224	3,429630708	1,69184E-10	0,000940379	0,004915411	0,000930839	0,016083093		
1	qm	0	3,3	48,62285134	5,104519062	2,09481E-10	0,000726003	0,003532896	0,000694321	0,018031788		
1	qm	0	2,75	57,93565818	3,963745455	3,0829E-10	0,001222326	0,005318956	0,001078971	0,014927404		
1	qm	1173,9	2,7	63,32439481	4,0680137	2,1298E-10	0,00380014	0,00544635	0,001026299	0,017523388		
1	qm	0	2,8	63,6727743	4,844701786	4,47502E-10	0,001837731	0,006833988	0,00130266	0,024624318		
Teppich/Teppichfliesen				Mittelwert:	29,52							
1	qm	0	1,4	121,1407649	8,11615517	2,63167E-09	0,00141171	0,01007044	0,001525483	0,032659127		
1	qm	0	1,1	402,3363656	23,61672727	1,30849E-07	0,00753209	0,05004636	0,011631745	0,048166727		
1	qm	0	0,9	441,9777778	26,01433333	1,5648E-07	0,008124233	0,056358889	0,013244	0,051513		
1	qm	0	0,7	505,2857143	29,79757143	1,9674E-07	0,009349043	0,065701429	0,01586587	0,059513		
1	qm	0	0,5	619,24	36,7896	2,6927E-07	0,0115955	0,0825198	0,0207943	0,077295		
1	qm	0	0,3	885,0333333	52,80066667	4,38452E-07	0,016767867	0,121746	0,031983633	0,107786333		

In der Betrachtung pro Materialcluster und pro kg Material oder Baustoff zeigt sich die massebezogene Vorteilhaftigkeit von Estrich mit nur durchschnittlich 3,45 MJ/kg im Cluster. Wären Kunstharzestrich und Gussasphaltestrich nicht enthalten wäre der Mittelwert sogar noch niedriger.

Auch Parkett und Naturstein schneiden hier sehr gut ab.

Parkett erreicht mit 2,26 MJ/kg einen noch besseren Mittelwert als Estrich. Ohne die Betrachtung von durchschnittlichem deutschem Mehrschichtparkett wäre der Wert ebenfalls noch niedriger. Parkettlack weist mit rund 50 MJ/kg eine vergleichsweise zu Parkett hohe PENRT auf. Durch die relativ geringe benötigte Masse pro m² relativiert sich diese Menge jedoch flächenbezogen.

Naturstein wird mit 7,39 kg/MJ beziffert, wobei harte gegenüber weichen Platten eine erhöhte PENRT aufweisen. Dies ist ggf. durch die längere notwendige Bearbeitungszeit, von harten gegenüber weichen Gesteinen, bei etwa gleichem Energieaufwand pro Zeiteinheit zu erklären.

Laminat liegt massebezogen mit rund 10 MJ/kg knapp hinter Naturstein.

Im energetischen Mittelfeld nach PENRT liegen Linoleum, Gummi und PVC. Hier ergeben sich Werte von gut 30, 40 und rund 55 MJ/kg.

Teppiche und Teppichfliesen liegen mit rund 500 MJ/kg massebezogen an der Spitze.

Bezüglich des Ressourceneinsatz und der Umweltwirkung verzerren Angaben für bloße Masseeinheiten jedoch das Gesamtbild, da für den Anwendungsfall in der Praxis vor allem die zu verwendende Menge pro Flächen- oder Volumeneinheit maßgeblich ist. Die nächste Abbildung widmet sich daher der flächigen Betrachtung pro m² und berücksichtigt daher auch den dreidimensionalen Schichtaufbau.

3 Innenböden nach Materialcluster – Ergebnisse pro m²

Alle Ergebnisse pro m²												
Datensätze bzgl. Innenböden - Produktname (DE/EN)												
Bezugs- größe	Bezugs- einheit	Rohdichte (kg/m3)	Schicht- dicke (m)	Bezugsmasse	PENRT	GWP	ODP	POCP	AP	EP	FW	
					Primärenergie nicht-erneuerbar	Treibhaus- gas	Ozonabbau	Bodennahe s Ozon	Versaueru- ng	Überdüng- ung	Frischwasser	
				Mittelwert:	MJ	kg CO2	kg CCl3F	kg CH2	kg SO2	kg PO4	m³	
Estrich				Mittelwert:	413,130	22,826						
Estrichmörtel-Zementestrich				90	120,272	16,90434	3,22695E-12	0,00292076	0,0284025	0,0042308	0,0357	
Calciumsulfateestrich				90	155,313	11,289306	7,11819E-14	0,00113668	0,023274	0,0037431	0,0758	
Estrichmörtel-Calciumsulfateestrich				90	169,915	13,06944	5,73547E-11	0,00187217	0,0207375	0,0037514	0,0408	
Zementestrich				144	211,797	29,052236	8,58098E-12	0,00237011	0,0388763	0,0057092	0,0421	
Kunstharzestrich				108	716,086	37,903225	3,81626E-13	0,0057555	0,0529545	0,0096081	0,1964	
Gussasphaltestrich				144	1105,397	28,755886	1,0852E-13	0,00623461	0,0597301	0,0369265	0,0603	
Parkett				Mittelwert:	16,376	0,773						
Meister Longlife Parkett				11	-52,490	0,654	6,9734E-09	0,01176371	0,0413494	0,0062657	0,0059	
Scheucher Mehrschichtparkett				7,37	-28,898	-1,030879	6,68917E-08	0,00455239	0,0237988	0,0050967	1,0346	
Stabparkett (generisch)				11,5	-20,057	2,2216811	-8,1039E-14	0,02287167	0,035357	0,0084604	0,1123	
Mehrschichtparkett				7,01	-3,413	0,385835	4,37293E-08	0,00526521	0,019952	0,0044472	0,0712	
Mehrschichtparkett (generisch)				6,5	38,681	5,0523146	4,29118E-14	0,0071946	0,0247427	0,0057607	0,0750	
Mehrschichtparkett (Durchschnitt DE)				8,88	164,433	-2,646095	3,46504E-12	0,00356621	0,0788373	0,0184697	0,0728	
Parkettlack				Mittelwert:	5,156	0,330						
Parkettlack (Grundierung Holz, wasserverdünn)				0,1	3,385	0,2475706	2,6893E-16	5,1103E-05	0,0002531	2,993E-05	0,0012	
Parkettlack transparent				0,1	6,928	0,4120161	2,30936E-15	7,0971E-05	0,0004081	6,193E-05	0,0021	
Laminat				Mittelwert:	75,090	5,130						
Laminat-Fußbodenbeläge				7,45	75,090	5,129704	4,44522E-07	0,00486611	0,0223582	0,0077768	1,8537	
Linoleum				Mittelwert:	96,931	7,952						
Korklinoleum Fußbodenbelag (Dicke 0,0025 m)				3,1	73,408	6,8463827	2,09290E-12	0,0010371	0,0216125	0,0191376	0,0573	
Plain and decorative linoleum according to EN ISO 24011				3,1	120,455	9,057303	7,42904E-12	0,0013883	0,0326541	0,0209542	4,6050	
Polyvinylchlorid (PVC)				Mittelwert:	162,719	12,687						
Homogeneous polyvinyl chloride floor coverings according to EN ISO 10581				3,25	144,658	11,1463	5,49848E-10	0,00273123	0,0159751	0,0030252	0,0523	
Heterogeneous polyvinyl chloride floor coverings according to EN ISO 10582				2,75	159,323	10,9003	8,47576E-10	0,0033614	0,0146271	0,0029534	0,0411	
PVC Fußbodenbelag				3,3	160,455	16,84913	6,91288E-10	0,00239581	0,0116586	0,0022913	0,0595	
Polyvinyl chloride floor coverings with foam layer according to EN 651				2,7	170,976	10,980364	5,75059E-10	0,00885604	0,0147113	0,002771	0,0473	
Polyvinyl chloride floorcoverings with enhanced slip resistance (Safety Flooring) according to EN 13845				2,8	178,184	13,565165	1,25317E-09	0,00514655	0,0191352	0,0036474	0,0689	
Gummi				Mittelwert:	182,709	18,165						
Gummi-Bodenbelag profiliert EN 12199 (Dicke 0,00355 m)				4,82	178,262	18,589128	-8,8482E-14	0,00156771	0,0178003	0,0017708	0,0699	
Gummi-Bodenbelag mit Schaumstoffbeschichtung EN 1816				3,82	187,157	17,741447	4,6299E-15	0,0028681	0,0220585	0,0031309	0,0810	
Teppich/Teppichfliesen				Mittelwert:	353,836	19,308						
Fußbodenbelag mehrschichtiges Nadelvlies (Teppichboden, 1400 g/m³)				1,4	169,597	11,362615	3,68434E-09	0,00197554	0,0140099	0,0021357	0,0457	
Gefurte Teppichfliesen L1, Polmaterial PA 6, Schwerbeschichtung auf Bitumenbasis				0,3	265,510	15,8402	1,31536E-07	0,00503036	0,0365238	0,0095951	0,0305	
Gefurte Teppichfliesen L2, Polmaterial PA 6, Schwerbeschichtung auf Bitumenbasis				0,5	309,620	18,3948	1,34635E-07	0,00579775	0,0412599	0,0103972	0,0361	
Gefurte Teppichfliesen L3, Polmaterial PA 6, Schwerbeschichtung auf Bitumenbasis				0,7	353,700	20,8583	1,37735E-07	0,00654433	0,045991	0,0111901	0,0417	
Gefurte Teppichfliesen L4, Polmaterial PA 6, Schwerbeschichtung auf Bitumenbasis				0,9	397,780	23,4129	1,40835E-07	0,00731181	0,050723	0,011992	0,0473	
Gefurte Teppichfliesen L5, Polmaterial PA 6, Schwerbeschichtung auf Bitumenbasis				1,1	442,570	25,9784	1,43934E-07	0,0080882	0,0555551	0,0127949	0,0530	
Naturstein				Mittelwert:	384,407	29,499						
Natursteinplatte, weich, Innenboden (Dicke 0,020 m)				52	277,249	21,063618	2,40829E-13	0,01040246	0,1754927	0,019345	0,1163	
Natursteinplatte, hart, Innenboden (Dicke 0,02 m)				52	491,565	37,914636	4,89581E-13	0,01506193	0,2180066	0,0243167	0,2523	

Bei der Betrachtung von Flächeneinheiten relativiert sich das Bild verglichen mit der Betrachtung von Masseinheiten.

Der Estrich weist aufgrund seiner relativ hohen Rohdichte nun Werte von rund 400 MJ/kg auf. Der Betrachtung zugrunde gelegt wurde hier jeweils eine Schichtdicke von 60 mm. Dabei ergeben sich je nach Estrichart Flächengewichte zwischen 90 und 150 kg/m², welche in den genannten relativ hohen PENRT-Bedarf münden.

Das Parkett kann mit Flächengewichten zwischen 6 und 12 kg/m² nun Vorteile erlangen. Würde das durchschnittliche deutsche Mehrschichtparkett nicht mitbetrachtet läge die PENRT sogar, durch Gutschriften innerhalb der Lebenswegmodule, hoch im negativen Bereich.

Auch der Parkettlack liegt nun nur im einstelligen Bereich was MJ/m² betrifft, da nur 0,1 kg pro m² für den Verbrauch angesetzt werden (beinhaltet zwei Anstrich-Schichten).

Laminat liegt mit ca. 75 MJ/m² nun weit über jener von Parkett. Dieser weist zwar ebenfalls nur ein geringes Flächengewicht auf, erhält aber aufgrund seiner Verarbeitung keine hohen Gutschriften wie beispielsweise das Parkett.

Aufgrund des relativ hohen Energiebedarfs liegt Linoleum mit rund 100 MJ/m², trotz nur etwa halb so hohem Flächengewicht, noch über der flächenbezogenen PENRT von Laminat.

PVC übertrifft diese Werte mit durchschnittlich rund 160 MJ/m², bei ähnlichem Flächengewicht wie Linoleum, wiederum um etwa 60%.

Gummi liegt mit rund 180 MJ/m² in etwa auf dem Niveau von PVC und ist dabei flächenbezogen etwas schwerer.

Teppich und Teppichfliesen bilden zusammen mit Naturstein das Schlusslicht und erreichen durchschnittlich Werte von fast 400 MJ/m². Hier ist jedoch anzumerken, dass der hohe Bedarf an PENRT beim Naturstein auch durch das hohe Flächengewicht von über 50 kg/m² erklärt werden kann. Die benötigte flächenbezogene Masse von Naturstein ist hier im Vergleich zu Teppich und Teppichfliesen durchschnittlich um einen Faktor von rund 60 höher (52 kg/m² im Verhältnis zu ca. 0,8 kg/m²).

4 Fazit

Die energieschonendste und emissionstechnisch vorteilhafteste Art von Innenboden ist der Estrich, da dieser ohnehin als Unterlage für weitere Bodenarten notwendig ist. Der Verzicht auf einen Oberbodenbelag bringt damit eine hohe Einsparung an Material und damit auch an grauer Energie und an mit der Herstellung des entsprechenden Bodenbelags verbundenen Emissionen mit sich. Lediglich Zuschlagstoffe zur Oberflächenbehandlung und ggf. zur Einfärbung des Estrichs müssen als Ersatz für den Oberboden einkalkuliert werden. Es wird davon ausgegangen, dass der flächenbezogene Energieeinsatz dafür in den meisten Fällen vergleichbar ist mit jener der Parkettbehandlung – demnach etwa i. H. v. 5 bis 10 MJ/m².

Sollte ein Oberbodenbelag gewünscht sein, so bildet Parkett die emissions- und energietechnisch beste Lösung ab. Dies beruht oftmals zu großen Teilen auf Gutschriften entlang der Wertschöpfungskette des Lebenswegs im Lifecycle-Assessment (LCA) und betrifft relativ viele Produkte, welche aus Holz oder zu sehr hohen Anteilen aus Holz gefertigt werden.

Böden aus Laminat oder Kunststoff können hier aufgrund der eingesetzten Stoffe, welche i. d. R. energieintensiver oder verfahrenstechnisch aufwändiger verarbeitet werden müssen, nicht oder nur bedingt mithalten. Auch auf Gummi, obwohl Naturprodukt, trifft diese Aussage zu.

Natursteinböden, auch wenn diese nicht verfahrenstechnisch aufwändig verarbeitet werden, sind dagegen aufgrund ihrer hohen Masse in Bezug auf Energieverbrauch und Emissionen auf dem Niveau von mittelschweren bis schweren Kunststoffteppichen. Durch die hohe Abriebfestigkeit und die dadurch bedingt ggf. höhere Nutzungsdauer können Natursteinböden trotzdem eine sinnvolle Alternative zu Teppich- und Teppichfliesenböden im Innenbereich darstellen. Wichtig ist hierbei die Entkoppelung von dämmenden Elementen. Ist eine hinreichende Entkopplung gewährleistet, so bilden schwere Materialien massebedingt eine Art energetischen Speicher, das Halten einer voreingestellten gewünschten Temperatur kann hierbei ggf. begünstigt werden. Temperaturveränderungen sind im Gegensatz dazu trägheitsbedingt jedoch mit längeren Erreichungszeiten verbunden.