
Baumaterialien für Städte im Klimawandel

Materialkatalog
mit Empfehlungen

Zusammenfassung

Caroline Hoffmann, Achim Geissler



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Bundesamt für Wohnungswesen BWO



Kanton Basel-Stadt

Im städtischen Umfeld können ein hoher Bebauungsgrad mit wärmespeichernden Materialien und versiegelte Oberflächen im Sommer zu Hitzestress und einer reduzierten nächtlichen Auskühlung führen. Die richtige Auswahl von Baumaterialien kann dazu beitragen, diese Effekte zu mindern. Der Materialkatalog bewertet Materialien für Fassaden und gebäudenahen Böden auf ihre Wirkung hinsichtlich des städtischen Mikroklimas. Dabei wird zur Vereinfachung jeweils eine Kombination aus Oberflächenmaterial, Konstruktion und Farbgebung der Oberfläche als «Material» bezeichnet. Um eine ganzheitliche Betrachtung von Materialien zu ermöglichen, werden zusätzlich Aspekte wie Blendung, Akustik, Treibhausgasemissionen und Lebensdauer bewertet. Der Materialkatalog umfasst 26 Materialien mit zusätzlich 19 Farbvarianten. Die einzelnen Materialien werden aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet: zunächst über eine Datensammlung von 35 Kenngrößen zum Material selbst, dann über eine vergleichende Analyse für ausgewählte Parameter. Diese im Rahmen des Projektes ausgewählten Parameter stammen aus fünf Themenbereichen:

- Auswirkung auf das städtische Mikroklima: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET, Tag), Aussenlufttemperatur (Nacht)
- Strahlungstechnische Grössen: Albedo, Solar Reflectance Index, Visuelle Reflexion (Blendung)
- Nachhaltigkeit: Lebensdauer, Treibhausgasemissionen
- Akustische Eigenschaften: Gewichteter Schallabsorptionsgrad
- Versickerungsfähigkeit (Böden): Abflussbeiwert

Die Auswirkung der Materialien auf das städtische Mikroklima tagsüber wird über die PET charakterisiert, nachts über die Aussentemperatur. Die Resultate zu beiden Parametern werden mittels Simulationen eines dreidimensionalen Mikroklimamodells für ein Areal in Basel gewonnen. Dabei wird eine viertägige Hitzewelle in Basel mit Wetterdaten von der ersten Augustwoche 2018 betrachtet. Ausgewertet werden am vierten Tag um 4 Uhr morgens die Aussenlufttemperatur und um 14 Uhr nachmittags die PET. Die Aussenlufttemperatur der Wetterdaten beträgt am vierten Tag um 4 Uhr morgens 21.2 °C und um 14 Uhr 34.8 °C. Es werden zehn Standorte (Sensoren) im Areal untersucht und die Ergebnisse aller zehn Standorte gemittelt. Die nachstehende Tabelle zeigt alle untersuchten Materialien sortiert nach der Höhe der resultierenden PET.

Für alle Wandkonstruktionen liegt die tiefste PET bei 30.1 °C und höchste PET bei 36.4 °C, die Spannweite beträgt also 6.3 K. Wenn zwischen dunklen und hellen Farben gewählt werden kann, so verursacht dies bei der PET je nach Material eine Differenz zwischen 0.2 und 1.0 K.

Bei den drei Wandkonstruktionen mit der tiefsten PET sind die Simulationsergebnisse nur mit Vorbehalten auf andere Umgebungen zu übertragen. Speziell bei dunklen Metalloberflächen stellt sich im untersuchten Areal eine höhere Windgeschwindigkeit ein. Die hohen Oberflächentemperaturen des dunklen Metalls rufen also Turbulenzen hervor. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich unter allen Umständen und vor allem in einer anderen Umgebung zwingend ähnlich starke Windturbulenzen aufbauen werden und den Hitzestress verlässlich reduzieren können. Aus diesem Grund sind diese Ergebnisse farblich abgesetzt und in Klammern dargestellt.

Weitere Wandkonstruktionen mit einer tiefen PET sind zwei hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaik bzw. Faserzementverkleidung und eine zweischalige Wandkonstruktion mit Mauerwerk und Kerndämmung. Insgesamt haben hinterlüftete Konstruktionen mit einer hellen, bzw. mittleren Farbgebung im Vergleich zu den anderen Materialien eine etwas tiefere PET. Dieses Ergebnis ist robust, da das in der Simulationsumgebung verfügbare vereinfachte Modell der Hinterlüftung, die Wirksamkeit der Luftzirkulation unterschätzt.

Bei den Bodenkonstruktionen zeigen die Simulationsergebnisse, dass die unterschiedlichen Materialien bei der PET einen Unterschied von nur 0.4 K aufweisen. Die mittleren Werte für die PET aller Sensoren liegen zwischen 33.5 °C und 33.9 °C. Da die PET auch von direkter Sonneneinstrahlung und Wind beeinflusst wird, zeigt dies, dass ohne zusätzliche Beschattungsmassnahmen alleine durch den Bodenbelag keine markante Verbesserung des Mikroklimas erreicht wird.

Mit Zurückhaltung zu interpretieren sind die eher schlechten Ergebnisse für begrünte Fassaden und den Rasen. Sie können damit erklärt werden, dass die in den Simulationen ausgewertete Periode am Ende einer Hitzewelle liegt und die oberen Schichten des Bodens und die Wand als ausgetrocknet angenommen sind. Unter den gewählten Einstellungen im Simulationsprogramm (und auch in der Realität) ist der Verdunstungseffekt damit nicht mehr vorhanden. Beim Rasen kommt hinzu, dass auch die Wahl eines eher ungünstigen Erdreichtyps mit wenig Speichermasse das Ergebnis negativ beeinflusst. Es wird also der schlechteste Fall dargestellt. Diese Ergebnisse sind für gut bewässerte, grüne Fassaden und Rasenflächen nicht repräsentativ und daher in der Übersicht auch in Klammern dargestellt. Vor dem Hintergrund des Klimawandels mit längeren Trockenperioden (und potenziellen Bewässerungsverboten) sollen sie aber dazu anregen, Grünflächen mit einem entsprechenden Beschattungs- und Bewässerungskonzept (Regenwasser) einzuplanen. Dass dies die PET senken kann, zeigen Messergebnisse aus der Literatur, wo für eine Rasenfläche (im Vergleich zu zwei versiegelten Plätzen) tagsüber eine um 2.6–2.8 K tiefere PET angegeben wird. Nachts wird bei der Aussenlufttemperatur eine Differenz von –0.3 K und +0.3 K gemessen. Grünflächen bewirken tagsüber also eine deutliche Senkung der PET. Eine Beschattung verstärkt diesen Effekt noch. Nachts ist die Temperaturreduktion geringer.

Der Materialkatalog richtet sich an Planer und Entscheidungsträger von Bauprojekten in einem frühen, konzeptionellen Planungsstadium. Er bietet Hilfestellung dazu, Materialien im Spannungsfeld zwischen bestmöglichen Eigenschaften für einen geringen Hitze-stress, bauphysikalischen und energierelevanten Anforderungen, sowie der Nachhaltigkeit zu bewerten.

Informationen zur nachfolgenden Tabelle:

Materialdatensammlung sortiert nach PET tagsüber

Verwendete Abkürzungen: b = blank, B = Umgebung Boden, d = dunkel, EPS = Expandiertes Polystyrol, h = hell, HF = Hinterlüftete Fassade, LB = Glasfassade/ Leichtbau, m = mittel, n = nicht, PET = Physiologisch Äquivalente Temperatur, VA = Verputzte Aussendämmung, ZW = Zweischalige Wandkonstruktionen.

Farbcode: *graue Schrift und (Wert)*: Bei diesen Materialien sind die Simulationsergebnisse nicht vorbehaltlos auf andere Situationen übertragbar, da das Simulationsergebnis stärker als bei den anderen Konstruktionen vom Kontext abhängt.

Zur Einordnung der Werte:

- PET Tag: 35–41 °C werden als starke Wärmebelastung, 29–35 °C als mässige Wärmebelastung eingestuft.
 - Aussentemperatur (Luft) Nacht: Eine hohe Lufttemperatur verhindert eine nächtliche Auskühlung der Gebäude
 - Albedo: Bei einer hohen Albedo wird ein Grossteil der Strahlung reflektiert.
 - Solar Reflectance Index (SRI): Je höher der SRI-Wert ist, desto geringer ist der Aufheizeffekt infolge solarer Strahlung der Oberfläche.
 - Reflexion (visuelle Eigenschaften): Ein hoher Reflexionsgrad kann Blendung hervorrufen.
 - Lebensdauer: Eine lange Lebensdauer kann Ressourcen sparen, da ein Ersatz erst später notwendig wird.
 - Bewertung Schallabsorptionsgrad: Die Bewertung erfolgt in einer Skala von 1 bis 6. Ein hoher Wert weist auf eine dämpfende Akustik im Strassenraum hin.
 - Treibhausgasemissionen, Total (Herstellung und Entsorgung): Ein hoher Wert bedeutet hohe Emissionen bei Herstellung und Entsorgung.
 - Abflussbeiwert: Ein tiefer Abflussbeiwert weist auf eine gute Versickerung hin.
-

Materialdatensammlung sortiert nach PET tagsüber

	PET Tag	Ausstemperatur (Luft) Nacht	Albedo	Solar Reflectance Index (SRI)
Wandkonstruktionen	°C	°C	–	–
LB_Glasfassade_Sonnenschutz_d	(30.1)	21.6	0.08	0
LB_Sandwichpaneel_d	(31.0)	21.8	0.08	0
HF_Metallblechverkleidung_d	(31.0)	21.8	0.08	0
HF_Photovoltaik	31.7	21.7	0.16	1
HF_Faserzementverkleidung	33.0	21.9	0.63	63
ZW_Zweischalenmauerwerk_Kerndämmung	33.1	21.7	0.55	64
LB_Glasfassade	33.6	21.4	0.31	n. vorhanden
Reflektierender_Anstrich_d	(33.6)	21.7	0.42	50
LB_Glasfassade_Sonnenschutz_h	33.8	21.6	0.68	81
HF_Faserzementverkleidung_d	(33.9)	22.0	0.26	35
HF_Steinverkleidung	34.1	21.8	0.28	23
HF_Holzverkleidung	34.2	21.7	0.35	38
HF_Faserzementverkleidung_m	34.2	21.9	0.45	53
HF_Metallblechverkleidung_h	34.4	21.7	0.68	81
HF_Faserzementverkleidung_h	34.4	21.8	0.75	86
LB_Sandwichpaneel_h	34.5	21.7	0.68	81
Reflektierender_Anstrich_m	34.6	21.7	0.69	83
VA_Kompaktfassade_EPS_h	34.8	21.7	0.75	86
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftschicht_h	35.0	21.6	0.75	86
VA_Kompaktfassade_EPS_m	35.0	21.8	0.45	53
VA_Kompaktfassade_EPS_d	35.0	21.9	0.26	35
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_h	35.0	21.6	0.75	86
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_h	35.2	21.5	0.75	86
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_h	35.3	21.5	0.75	86
Reflektierender_Anstrich_h	35.5	21.7	0.81	100
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftschicht_m	35.7	21.8	0.45	53
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_m	35.7	21.7	0.45	53
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_m	35.9	21.7	0.45	53
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_d	35.9	21.8	0.26	35
HF_Begrünungselement	(35.9)	(21.7)	0.25	27
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftschicht_d	36.0	21.9	0.26	35
ZW_Sichtbetonwand_Kerndämmung	36.1	21.9	0.38	44
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_d	36.1	21.8	0.26	35
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_m	36.1	21.6	0.45	53
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_d	36.4	21.7	0.26	35
LB_Sandwichpaneel_b	n. vorhanden	n. vorhanden	0.40	3
HF_Metallblechverkleidung_b	n. vorhanden	n. vorhanden	0.36	25
Gebäude nahe Bodenkonstruktionen				
B_Betonbelag	33.5	21.7	0.38	44
B_Whitetopping_auf_Aspphalt	33.5	21.7	0.62	75
B_Chaussierung	33.5	21.7	0.42	71
B_Kiesbelag	33.6	21.7	0.29	28
B_Rasengittersteinpflasterung	33.7	21.6	0.25	27
B_Betonsteinpflasterung	33.7	21.7	0.25	28
B_Steinplattenpflasterung	33.7	21.7	0.45	52
B_Aspphalt_d	33.7	21.7	0.18	12
B_Aspphalt_h	33.7	21.7	0.33	37
B_Rasen	(33.9)	(21.7)	0.25	25

Reflexion (visuelle Eigenschaften)	Lebensdauer	Bewertung Schallabsorptionsgrad	Treibhausgasemissionen, Total	Abflussbeiwert
–	Jahre	–	kg CO ₂ -Äquiv. pro m ² Erzeugnis	–
0.10	25	n. vorhanden	57	n. zutreffend
0.10	n. vorhanden	2.4	53	n. zutreffend
0.10	50	n. vorhanden	20	n. zutreffend
0.09	35	1.9	357	n. zutreffend
0.30	50	3.2	17	n. zutreffend
0.13	50	1.9	61	n. zutreffend
0.15	30	1.9	110	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.80	25	n. vorhanden	57	n. zutreffend
0.25	50	3.2	17	n. zutreffend
0.23	50	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.30	30	5.1	1	n. zutreffend
0.50	50	3.2	17	n. zutreffend
0.80	50	n. vorhanden	20	n. zutreffend
0.70	50	3.2	17	n. zutreffend
0.80	n. vorhanden	2.4	53	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.70	30	1.0	29	n. zutreffend
0.70	45	1.7	35	n. zutreffend
0.50	30	1.0	29	n. zutreffend
0.25	30	1.0	29	n. zutreffend
0.70	30	1.3	27	n. zutreffend
0.70	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.70	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.70	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.50	45	1.7	35	n. zutreffend
0.50	30	1.3	27	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.25	30	1.3	27	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	6.0	n. vorhanden	n. zutreffend
0.25	45	1.7	35	n. zutreffend
0.50	50	1.2	56	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.66	n. vorhanden	2.4	48	n. zutreffend
0.60	50	n. vorhanden	16	n. zutreffend
0.25	35	1.0	42	1
0.25	30	1.0	n. vorhanden	1
0.34	15	6.0	2	0.6
0.13	15	6.0	4	0.6
0.25	30	n. vorhanden	19	0.2
0.25	25	4.5	n. vorhanden	1
0.30	25	1.5	n. vorhanden	1
0.13	30	1.3	n. vorhanden	1
0.24	30	1.3	n. vorhanden	1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogramms
Anpassung an den Klimawandel, unterstützt
durch das Bundesamt für Wohnungswesen BWO

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Wohnungswesen BWO
Hallwylstrasse 4, 3003 Bern
Tel. +41 58 480 91 11
info@bwo.admin.ch, www.bwo.admin.ch

Download

www.bwo.admin.ch
www.nccs.admin.ch

Projektteam

Christian Feigenwinter, Atmosphärenwissenschaften, Universität Basel
Miriam Mutti, damals Atmosphärenwissenschaften, Universität Basel
Franziska Schwager, Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt
Andreas Wicki, GEO Partner AG, damals Atmosphärenwissenschaften, Universität Basel

Projektpartner

Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt
Atmosphärenwissenschaften, Universität Basel
Baugenossenschaft wohnen&mehr, Basel

Autor/innen

Caroline Hoffmann, INEB, FHNW, Caroline.Hoffmann@fhnw.ch
Achim Geissler, INEB, FHNW, Achim.Geissler@fhnw.ch

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau
Hofackerstrasse 30
CH-4132 Muttenz
www.fhnw.ch

Finanzierung

Bundesamt für Wohnungswesen BWO
Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt

Gestaltung

Hahn+Zimmermann, Bern

Zitierweise

Caroline Hoffmann, Achim Geissler (2022). Baumaterialien für Städte im Klimawandel.
Materialkatalog mit Empfehlungen. Zusammenfassung. Bundesamt für Wohnungswesen,
Bern.

Anmerkungen

Diese Zusammenfassung ist auch in französischer und italienischer Sprache erhältlich.
Der komplette Bericht ist in deutscher Sprache erhältlich.

Der Bericht gibt die Auffassung der Autorinnen und Autoren wieder, die nicht
notwendigerweise mit derjenigen der Auftraggebenden übereinstimmen muss.

Titelbild

© VBS