
Baumaterialien für Städte im Klimawandel

Materialkatalog mit Empfehlungen

2. Auflage

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



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 und Begrünungen für Fassaden, gebäudenaher Böden und Dächer auf ihre Wirkung hinsichtlich des städtischen Mikroklimas. Dabei wird zur Vereinfachung jeweils eine Kombination aus Oberflächenmaterial oder Begrünung, 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 66 Materialien sowie 17 Varianten für Begrünungen von Fassaden, Boden und Dach. 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: Tagsüber physiologisch äquivalente Temperatur (PET, auf Fußgängerniveau) und Außenlufttemperatur (über Dächern), nachts Außenlufttemperatur.
- Strahlungstechnische Grössen: Albedo, Solar Reflectance Index, Visuelle Reflexion (Blendung)
- Nachhaltigkeit: Lebensdauer, Treibhausgasemissionen
- Akustische Eigenschaften: Gewichteter Schallabsorptionsgrad
- Versickerungsfähigkeit (Böden und Dächer): Abflussbeiwert

Die Auswirkung der Materialien auf das städtische Mikroklima wird anhand von zwei Parametern charakterisiert: tagsüber wird für Böden und Fassaden die PET und für Dächer die Außenlufttemperatur herangezogen; nachts ist für alle Oberflächen die Außenlufttemperatur bestimmd. Die Resultate 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. Am vierten Tag wird um 04:00 Uhr morgens für alle Materialien die Außenlufttemperatur ausgewertet. Um 14:00 Uhr nachmittags wird für Böden und Wände, bei denen der thermische Komfort im Außenbereich einer Rolle spielt, die PET ausgewiesen. Für Dächer, bei denen der thermische Komfort in der Regel nicht relevant ist, ist die Außenlufttemperatur über dem Dach massgebend. Die Außenlufttemperatur der Wetterdaten beträgt am vierten Tag um 04:00 Uhr morgens 21.2 °C und um 14:00 Uhr 34.8 °C. Für Böden und Wände werden zehn Standorte (Sensoren) im Areal auf 1.7 m Höhe untersucht und die Ergebnisse aller zehn Standorte gemittelt. Für die Dächer werden fünf Standorte 1.6 m über der Dachebene gemittelt. Die nachstehenden Tabellen zeigen alle untersuchten Materialien sortiert nach der Höhe der resultierenden PET, bzw. der Außenlufttemperatur. Eine weitere Tabelle zeigt die Außenlufttemperatur über den Dächern tagsüber.

Für alle Wandkonstruktionen liegt die tiefste PET bei 32.3 °C und die höchste PET bei 40.6 °C, die Spannweite beträgt also 8.3 K. Wenn zwischen dunklen und hellen Farben gewählt werden kann, so verursacht dies bei der PET je nach Material eine Differenz zwischen 2.0 und 4.1 K. Dabei haben die hellgefärbten Materialien stets eine höhere PET als die dunklen Materialien. Dies liegt daran, dass helle Materialien mehr Strahlung reflektieren als dunkle, was den thermischen Komfort von Personen in der Nähe beeinträchtigt. Die Außenlufttemperatur bei Verwendung von dunklen Materialien ist hingegen in der Regel höher als jene bei Verwendung von hellen Materialien.

Die drei Wandkonstruktionen, welche die tiefste PET hervorrufen, sind dunkle Metallkonstruktionen. Dies ist auf die geringere Strahlungsreflektion zurückzuführen.

Weitere Wandkonstruktionen, die zu einer tiefen PET führen sind ein (feuchtes) Begrünungselement und hinterlüftete Fassaden mit Metallblech-, Faserzementverkleidung oder Photovoltaik. Insgesamt sind unter den 16 Wandmaterialien, die eine PET <38 °C hervorrufen, neun hinterlüftete Konstruktionen. 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 betrachteten Materialien zu Unterschieden bei der PET von 1.0 K führen. Die mittleren Werte für die PET aller Sensoren liegen zwischen 37.6 °C und 38.5 °C. Da die PET auch von direkter Sonnen-einstrahlung und Wind beeinflusst wird, zeigt dies, dass ohne zusätzliche Beschattungs-massnahmen allein durch den Bodenbelag keine markante Verbesserung des Mikroklimas erreicht wird. Bei den Begrünungskombinationen für die Böden entstehen Differenzen von 4.7 K bei mittleren Werten für alle Sensoren zwischen 33.3 und 38.0 °C. Die Kombination von feuchter Begrünung mit Bäumen ist am vorteilhaftesten.

Bei den Dachmaterialien beträgt die Differenz für die Lufttemperatur 1.6 m über dem Dach bei den nichtgrünen Materialien 0.3 K. Über hellen Dächern stellt sich eine tiefere Luft-temperatur ein als über dunklen Dächern. Der Minimalwert liegt bei 37.6 K. Der Minimal-wert für die begrünten, feuchten Dächer liegt mit 37.3 K leicht tiefer.

Schlechte Ergebnisse für trockene begrünte Fassaden, trockene Begrünungskombina-tionen und trockene Gründächer 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. Vor dem Hintergrund des Klimawandels mit längeren Trockenperioden (und potenziellen Bewässerungsverboten) sollen diese Ergebnisse dazu anregen, Grünflä-chen mit einem entsprechenden Beschattungs- und Bewässerungskonzept (Regenwasser) einzuplanen. Dass dies die PET senken kann, zeigen die Simulationsergebnisse mit einer Reduktion um bis zu 2.6 K. Feuchte Grünflächen bewirken tagsüber also einen deutlich re-duzierten Hitzestress. Eine Beschattung verstärkt diesen Effekt noch. Nachts ist die Aussen-lufttemperaturreduktion geringer.

Aus den Simulationsergebnissen lassen sich Empfehlungen für die Materialwahl ab-leiten, die sich je nach stadt klimatischer Zielsetzung unterscheiden. Zur Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts und zur Verbesserung des thermischen Komforts im Aufent-haltsbereich ist, wo immer möglich, eine (bewässerte) Begrünung zu wählen. Bei Böden am besten in Kombination mit Bäumen. Ist keine Begrünung möglich, sind zur Verbesserung des thermischen Komforts bei den Böden eher mittelgetönte, versickerungsfähige Beläge zu wählen (in Kombination mit einer wirksamen Verschattung). Bei den Fassaden sind nach begrünten Fassaden, hinterlüftete Fassaden und Leichtbaufassaden mit mittelgetönten Far-ben zu empfehlen. Der städtische Wärmeinseleffekt, sowohl bezogen auf die Oberflächen-temperatur als auch auf die Aussenlufttemperatur am Tag und in der Nacht, wird generell durch möglichst helle Oberflächen verringert.

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

Materialdatensammlung sortiert nach PET tagsüber

	PET Tag	Aussentemperatur (Luft) Nacht	Albedo	Solar Reflectance Index (SRI)
Wandkonstruktionen	°C	°C	–	–
LB_Glasfassade_Sonnenschutz_d	32.3	22.0	0.08	0
HF_Metallblechverkleidung_d	33.5	22.8	0.08	0
LB_Sandwichpaneel_d	33.5	22.8	0.08	0
HF_Begrünungselement_feucht	34.6	21.4	0.25	27
HF_Metallblechverkleidung_b	35.0	22.6	0.36	25
HF_Faserzementverkleidung_d	35.3	22.9	0.26	35
HF_Photovoltaik	35.8	22.7	0.16	1
LB_Glasfassade_Sonnenschutz_h	36.0	22.0	0.68	81
HF_Faserzementverkleidung_m	36.4	22.9	0.45	53
HF_Metallblechverkleidung_h	36.9	22.5	0.68	81
VA_Kompaktfassade_EPS_d	36.9	23.1	0.26	35
LB_Sandwichpaneel_h	37.0	22.6	0.68	81
HF_Steinverkleidung	37.0	22.9	0.28	23
ZW_Sichtbetonwand_Kerndämmung	37.3	22.9	0.38	44
HF_Holzverkleidung	37.4	22.6	0.35	38
LB_Sandwichpaneel_b	37.6	22.7	0.40	3
HF_Faserzementverkleidung	37.7	22.9	0.63	63
VA_Kompaktfassade_EPS_m	37.7	23.1	0.45	53
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_d	37.9	22.7	0.26	35
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftsicht_d	38.0	22.9	0.26	35
Reflektierender_Anstrich_d	38.1	22.7	0.42	50
HF_Begrünungselement_trocken	38.2	22.4	0.25	27
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_d	38.3	22.4	0.26	35
LB_Glasfassade	38.3	22.1	0.31	n. vorhanden
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_m	38.6	22.7	0.45	53
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_d	38.6	22.3	0.26	35
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftsicht_m	38.6	22.9	0.45	53
ZW_Zweischalenmauerwerk_Kerndämmung	38.6	22.8	0.55	64
HF_Faserzementverkleidung_h	38.7	22.9	0.75	86
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_m	38.9	22.4	0.45	53
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_m	39.2	22.3	0.45	53
VA_Kompaktfassade_EPS_h	39.5	22.9	0.75	86
Reflektierender_Anstrich_m	39.5	22.6	0.69	83
VA_Kompaktfassade_Steinwolle_h	40.1	22.6	0.75	86
ZW_Zweischalenmauerwerk_Luftsicht_h	40.2	22.7	0.75	86
Reflektierender_Anstrich_h	40.3	22.3	0.81	100
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Dämmputz_h	40.4	22.3	0.75	86
VA_Einschalenbacksteinmauerwerk_Aerogeldämmputz_h	40.6	22.2	0.75	86

Informationen zur Tabelle

Verwendete Abkürzungen:

b blank
 B Umgebung Boden
 D Dach
 d dunkel
 EPS Expandiertes Polystyrol
 h hell
 HF Hinterlüftete Fassade
 LB Glasfassade/Leichtbau

m mittel
 min erhöhter mineralischer Anteil
 n. nicht
 org erhöhter organischer Anteil
 PET Physiologisch Äquivalente Temperatur
 VA Verputzte Aussendämmung
 ZW Zweischalige Wandkonstruktionen

Reflexion (visuelle Eigenschaften)	Lebensdauer	Bewertung Schallabsorptionsgrad	Treibhausgasemissionen, Total	Abflussbeiwert
–	Jahre	–	kg CO ₂ -Äquiv. pro m ² Erzeugnis	–
0.10	25	n. vorhanden	60	n. zutreffend
0.10	50	n. vorhanden	18	n. zutreffend
0.10	n. vorhanden	2.4	57	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	6.0	n. vorhanden	n. zutreffend
0.60	50	n. vorhanden	14	n. zutreffend
0.25	50	3.2	16	n. zutreffend
0.09	35	1.9	203	n. zutreffend
0.80	25	n. vorhanden	60	n. zutreffend
0.50	50	3.2	16	n. zutreffend
0.80	50	n. vorhanden	18	n. zutreffend
0.25	30	1.0	29	n. zutreffend
0.80	n. vorhanden	2.4	57	n. zutreffend
0.23	50	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.50	50	1.2	57	n. zutreffend
0.30	30	5.1	2	n. zutreffend
0.66	n. vorhanden	2.4	52	n. zutreffend
0.30	50	3.2	16	n. zutreffend
0.50	30	1.0	29	n. zutreffend
0.25	30	1.3	21	n. zutreffend
0.25	45	1.7	36	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	6.0	n. vorhanden	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.15	30	1.9	111	n. zutreffend
0.50	30	1.3	21	n. zutreffend
0.25	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.50	45	1.7	36	n. zutreffend
0.13	50	1.9	61	n. zutreffend
0.70	50	3.2	16	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.70	30	1.0	29	n. zutreffend
0.50	n. vorhanden	1.7	n. vorhanden	n. zutreffend
0.70	30	1.3	21	n. zutreffend
0.70	45	1.7	36	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

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 die Erwärmung der Oberfläche infolge solarer Strahlung.
- 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 auf 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	Aussentemperatur (Luft) Nacht	Albedo	Solar Reflectance Index (SRI)
Gebäudenahe Bodenkonstruktionen	°C	°C	–	–
B_Wiese_feucht_Bäume_Boden_org_Anteil	33.3	22.3	0.16	18
B_Wiese_feucht_Bäume_Boden_min_Anteil	33.3	22.3	0.16	18
B_Rasen_feucht_Bäume_Boden_org_Anteil	33.4	22.3	0.25	25
B_Rasen_feucht_Bäume_Boden_min_Anteil	33.4	22.3	0.25	25
B_Wiese_trocken_Bäume_Boden_org_Anteil	34.4	22.3	0.16	18
B_Rasen_trocken_Bäume_Boden_org_Anteil	34.5	22.4	0.25	25
B_Wiese_trocken_Bäume_Boden_min_Anteil	35.3	22.5	0.16	18
B_Wiese_feucht_Boden_min_Anteil	35.4	22.4	0.16	18
B_Wiese_feucht_Boden_org_Anteil	35.4	22.4	0.16	18
B_Rasen_trocken_Bäume_Boden_min_Anteil	35.4	22.5	0.25	25
B_Rasen_feucht	35.4	22.4	0.25	25
B_Rasen_feucht_Boden_min_Anteil	35.4	22.4	0.25	25
B_Rasen_feucht_Boden_org_Anteil	35.5	22.4	0.25	25
B_Wiese_trocken_Boden_org_Anteil	36.8	22.5	0.16	18
B_Rasen_trocken_Boden_org_Anteil	36.9	22.5	0.25	25
B_Asphalt_d	37.6	22.9	0.18	12
B_Betonsteinpflasterung	37.7	22.9	0.25	28
B_Wiese_trocken_Boden_min_Anteil	37.9	22.6	0.16	18
B_Betonbelag	37.9	22.9	0.38	44
B_Asphalt_h	37.9	22.9	0.33	37
B_Rasen_trocken	37.9	22.6	0.25	25
B_Rasen_trocken_Boden_min_Anteil	38.0	22.6	0.25	25
B_Steinplattenpflasterung	38.2	22.9	0.45	52
B_Rasengittersteinpflasterung	38.2	22.7	0.25	27
B_Kiesbelag	38.2	22.7	0.29	28
B_Whitetopping_auf_Asphalt	38.5	22.8	0.62	75

Dachkonstruktionen

D_Intensiv_Begrünung_feucht	33.5	21.7	0.16	18
D_Extensiv_Begrünung_feucht	33.5	21.8	0.20	19
D_Intensiv_Begrünung_trocken	33.6	21.7	0.16	18
D_Metall_h	33.6	22.3	0.68	81
D_Metall_b	33.7	22.3	0.36	25
D_Metall_d	33.7	22.4	0.08	0
D_Faserzement_h	33.7	22.4	0.75	86
D_Extensiv_Begrünung_trocken	33.7	21.8	0.20	19
D_Faserzement	33.8	22.4	0.63	63
D_Photovoltaik_Extensiv_Begrünung_feucht	33.8	22.1	0.18	10
D_Ziegel_rot	33.8	22.4	0.60	59
D_Photovoltaik	33.8	22.4	0.16	1
D_Faserzement_m	33.8	22.4	0.45	53
D_Ziegel_d	33.8	22.4	0.40	37
D_Faserzement_d	33.8	22.4	0.26	35
D_Photovoltaik_Extensiv_Begrünung_trocken	33.9	22.1	0.18	10
D_Kies	34.2	22.2	0.29	28
D_Bitumen	34.2	22.2	0.26	24

Reflexion (visuelle Eigenschaften)	Lebensdauer	Bewertung Schall-absorptionsgrad	Treibhausgas-emissionen, Total	Abflussbeiwert
–	Jahre	–	kg CO ₂ -Äquiv. pro m ² Erzeugnis	–
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	n. vorhanden	0.1
0.13	30	1.3	n. vorhanden	1.0
0.25	25	4.5	n. vorhanden	1.0
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	35	1.0	44	1.0
0.24	30	1.3	n. vorhanden	1.0
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.25	n. vorhanden	n. vorhanden	1	0.1
0.30	25	1.5	n. vorhanden	1.0
0.25	30	n. vorhanden	20	0.2
0.13	15	6.0	6	0.6
0.25	30	1.0	n. vorhanden	1.0

0.25	30	n. vorhanden	n. vorhanden	0.2
0.19	40	n. vorhanden	n. vorhanden	0.4
0.25	30	n. vorhanden	n. vorhanden	0.2
0.80	50	n. vorhanden	11	1.0
0.60	50	n. vorhanden	7	1.0
0.10	50	n. vorhanden	11	1.0
0.70	50	n. vorhanden	7	1.0
0.19	40	n. vorhanden	n. vorhanden	0.4
0.30	50	n. vorhanden	7	1.0
0.14	40	n. vorhanden	n. vorhanden	0.4
0.13	50	n. vorhanden	9	1.0
0.09	35	n. vorhanden	190	1.0
0.50	50	n. vorhanden	7	1.0
0.10	50	n. vorhanden	9	1.0
0.25	50	n. vorhanden	7	1.0
0.14	40	n. vorhanden	n. vorhanden	0.4
0.13	20	n. vorhanden	50	1.0
0.13	20	n. vorhanden	49	1.0

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

Projektpartner

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

Fachliche Beratung

Andreas Wicki, GEO Partner AG, Basel

Finanzierung

Bundesamt für Wohnungswesen BWO
Bundesamt für Energie BFE

Gestaltung

Hahn+Zimmermann, Bern

Zitierweise

Caroline Hoffmann, Achim Geissler (2026). *Baumaterialien für Städte im Klimawandel. Materialkatalog mit Empfehlungen. 2. Auflage. 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 denjenigen der Auftraggebenden übereinstimmen muss.

Titelbild

© VBS