

# Trockener Sand



☀️ **Albedo:** 0,25 - 0,45 [1]

🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
835 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [2]

© Daniel Straub/Unsplash

## i SCHON GEWUSST?

Wer kennt das nicht: Es ist Sommer, 30 °C Lufttemperatur und den ganzen Tag über wird der Sand auf dem Volleyballfeld oder am Strand von der Sonne angestrahlt. Der Sand ist so heiß, dass man ihn kaum barfuß betreten kann.

Das liegt unter anderem daran, dass seine spezifische Wärmekapazität sehr gering ist. Je geringer die spezifische Wärmekapazität, desto schneller erwärmt sich das Material. Genauso schnell kühlt es aber auch wieder ab, wenn keine weitere Energie zugeführt wird.

Dies trägt unter anderem zum Phänomen der starken Temperaturschwankungen in Wüsten bei. Einerseits ist es in Wüsten tagsüber sehr heiß, andererseits nachts sehr kalt. Manchmal ist es so kalt, dass die Temperaturen sogar in den Minusbereich fallen. Hinzu kommt, dass es in Wüsten sehr trocken ist und keine Wasserverdunstung stattfindet, so dass es über einer Wüste kaum oder gar keine Wolken gibt. Die tagsüber absorbierte Wärme wird nachts schnell und direkt in die wolkenlose Atmosphäre zurückgestrahlt. (DWD, 2016)

# Wiese/Grasfläche



☀️ **Albedo:** 0,25 - 0,30 [4]

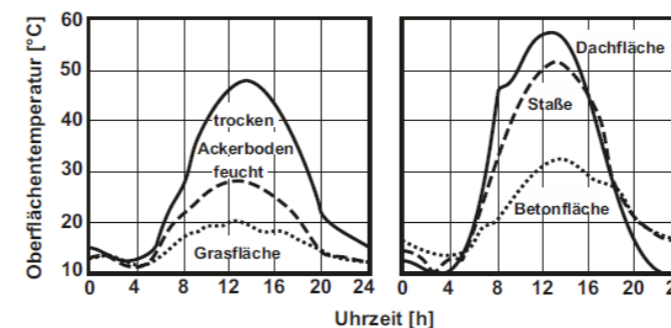
🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
keine Daten

© Ochir-Erdene Oyunmedeg/Unsplash

## i SCHON GEWUSST?

Die an einem strahlungsreichen Sommertag vom Boden absorbierte kurzwellige Strahlung wird bei feuchtem Boden und natürlichem Gras fast vollständig durch den Verdunstungswärmestrom des feuchten Grases kompensiert (vgl. Mehran 2020: 91). Das bedeutet, dass das Gras durch Verdunstung für eine Abkühlung der Oberflächentemperatur sorgt.

Während die mittlere Oberflächentemperatur auf Grasflächen im ländlichen Raum nur knapp über 20 °C liegt, kann sie im städtischen Bereich auf konventionellen Baustoffen maximal 60 °C erreichen (vgl. Abb. 2). Die Verdunstungskühlung findet jedoch nur bei ausreichender Wasserverfügbarkeit statt. Sobald der Pflanze zu wenig Wasser zur Verfügung steht, bleibt sie aus und die Pflanze



**Abbildung 3:** Oberflächentemperaturen verschiedener ländlicher (links) und städtischer Flächen (rechts) an einem strahlungsreichen Sommertag (Mehran 2020: 153)

## Asphalt mit weißem Anstrich



## dunkler Asphalt



☀️ **Albedo:** 0,46 - 0,57 [5]

🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
720 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [6]

**Albedo:** 0,03 [5]

**Spezifische Wärmekapazität:**  
720 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [6]

### **i** SCHON GEWUSST?

Das typische Stadtklima, das in der Regel wärmer ist als das Mikroklima in ländlichen Regionen oder im Umland, entsteht durch den sogenannten städtischen Wärmeinseleffekt, auch Heat Island Effect genannt. Dieser Effekt macht sich vor allem während sommerlicher Hitzeperioden bemerkbar. (DWD, O.J.a)

Dieser Effekt ist unter anderem auf die thermischen Eigenschaften von dunklem Asphalt und das Fehlen von Vegetation zurückzuführen. Dunkler Asphalt hat eine sehr geringe Albedo und absorbiert bis zu 97% der einfallenden Strahlung, was zu einer starken Erwärmung der Umgebungsluft führt. (Santamouris, 2013) Die geringe spezifische Wärmekapazität trägt ebenfalls dazu bei, dass sich der Asphalt sehr schnell erwärmt. (Bendix et al., 2019)

Eine Alternative ist die Verwendung von reflektierender Farbe auf dem Asphalt. Diese Farbe führt zu einer deutlich höheren Albedo und konnte in einer amerikanischen Studie die Oberflächentemperatur der Fahrbahn im Vergleich zu konventionellem Asphalt um 10,2 bis 18,8 °C senken. (Santamouris, 2013)

## Schotter



☀️ **Albedo:** 0,05 – 0,10 [8]

🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
keine Daten

### **i** SCHON GEWUSST?

Beim Material Schotter denken wir gerne an die Schottergärten, die in den letzten Jahren jedoch zunehmend in die Kritik geraten sind. Dies liegt zum einen daran, dass sie wenig bis gar keinen Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Insekten bieten und sich somit negativ auf die Biodiversität auswirken.

Hinzu kommt, dass Schotter eine sehr geringe Albedo hat und somit bis zu 95 % der einfallenden Strahlung absorbiert und die Umgebungsluft sehr stark erwärmt. (BMUV, O.J.)


In einem Modellversuch der Hessischen Gartenakademie im Rahmen der Ausstellung „Leben im blühenden Vorgarten“ des Umweltamtes Wiesbaden wurde die Oberflächentemperatur einer Kiesfläche und einer Pflanzfläche untersucht. Das Ergebnis zeigte, dass die Temperatur der Schotterfläche tagsüber meist mindestens 10°C bis teilweise 20°C über der Oberflächentemperatur der Pflanzfläche lag. (Matschinsky, 2020)



## Trockene Erde



 **Albedo:** 0,14 [8]

 **Spezifische Wärmekapazität:**  
800 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [11]


© Vijaya Narasimha/Pixabay



## Feuchte Erde



 **Albedo:** 0,08 [8]

 **Spezifische Wärmekapazität:**  
1480 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [11]

© Avinash Kumar/Unsplash

### **SCHON GEWUSST?**

Während Dürreperioden greifen Pflanzen auf die Wasserspeicher im Boden zurück, um Trockenstress zu vermeiden. Lang anhaltende Dürre kann dazu führen, dass diese Speicher weitgehend oder vollständig geleert werden. In diesem Fall leiden die Pflanzen unter Trockenstress.

Zudem wird als Folge des Klimawandels mit einer Zunahme von Starkregenereignissen gerechnet. Durch die starke Austrocknung des Bodens sinkt die Infiltrationskapazität des Bodens für Wasser. Starkregenereignisse führen daher zu einem erhöhten Oberflächenabfluss und verhindern, dass sich der Bodenspeicher mit Wasser füllen kann. (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen)

Durch Verdichtung, Versiegelung und höheren Grobbodenanteil haben Stadtböden meist schon eine geringe Wasserspeicherkapazität und trocknen daher umso schneller aus. Mit der Austrocknung geht auch die Verdunstungskühlung des Bodens verloren, die im innerstädtischen Bereich eine immer wichtigere Rolle spielt. (HLNUG, O.J.)

### **SCHON GEWUSST?**


Feuchte Böden haben eine wichtige Funktion für Städte. Sie weisen zwar eine sehr geringe Albedo auf und absorbieren somit viel Sonnenstrahlung, haben aber im Vergleich zu trockenen Böden eine deutlich höhere spezifische Wärmekapazität.


Durch die höhere spezifische Wärmekapazität erwärmt sich der Boden nicht so schnell und gibt die Wärme nur langsam wieder ab. Zusätzlich sorgt der feuchte Boden durch Verdunstung für eine Abkühlung der bodennahen Umgebungsluft.

Eine weitere wichtige Funktion ist die Wasserspeicherung: Ein gesunder Boden kann den Pflanzen das benötigte Wasser zur Verfügung stellen und hohe Niederschlagsintensitäten durch Versickerung puffern. (UFZ, 2018)

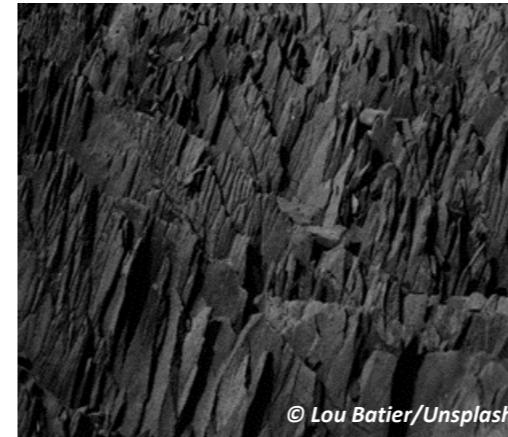
# Holz





 **Albedo:** keine Daten

 **Spezifische Wärmekapazität:**  
1600 - 1700 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [15]

# Schiefer



 **Albedo:** 0,12 [18]

 **Spezifische Wärmekapazität:**  
800 J Kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [19]

## SCHON GEWUSST?

Im Vergleich zu den meisten Baustoffen, wie z.B. Beton mit einer spezifischen Wärmekapazität von ca. 1000 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, hat Holz bzw. Holzwerkstoff eine höhere spezifische Wärmekapazität von 1600 bis 1700 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Dies führt dazu, dass sich Holz nicht so schnell erwärmt wie Beton und die Wärme besser speichern kann. (Spitzner, 2019)

Holz hat als Baustoff in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. So erreichte die Zahl der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise in Deutschland seit 2004 im Jahr 2021 mit rund 27.400 Wohngebäuden einen neuen Höchststand (Statista, 2024).

Im Zuge einer nachhaltigen Entwicklung rückt auch die Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen wie Holz immer mehr in den Fokus, d.h. die Nutzung in mehreren Verwendungsstufen. Dabei steht die Ressourceneffizienz im Fokus mit dem Ziel, Holz möglichst lange im Stoff- bzw. Wirtschaftskreislauf zu halten. So kann durch die Wiederverwendung und das Recycling von z.B. Altholz oder Papier, jährlich genauso viel Holzrohstoff in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden, wie Primärholz, das aus dem Wald stammt. (FNR, 2023)

## SCHON GEWUSST?

Schiefer ist aufgrund seiner Langlebigkeit und hohen Dichtigkeit ein beliebtes Material für Dacheindeckungen. Aufgrund der geringen Albedo und der geringen spezifischen Wärmekapazität heizen sich Schieferdächer jedoch sehr schnell auf. Die thermischen Eigenschaften tragen zum städtischen Wärmeinseleffekt bei. (DWD, O.J.b)

Eine mögliche Anpassung an den Klimawandel ist die Verwendung von sogenannten „Cool Roofs“. Darunter versteht man Dacheindeckungen mit einer hohen Albedo, d.h. einem hohen Reflexionsgrad.

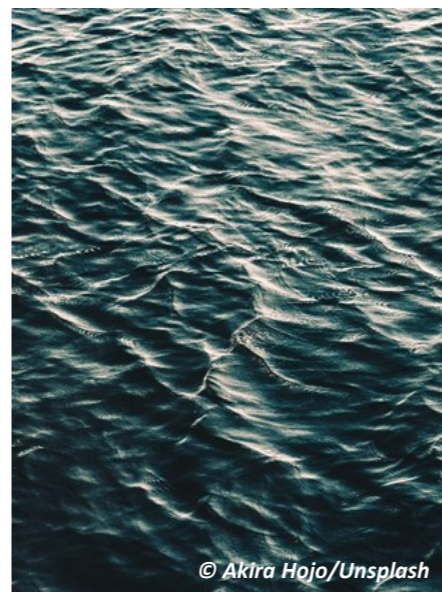
Eine Studie aus Australien hat die Wirkung von Cool Roofs untersucht. Bei einem Bürogebäude mit einem Cool Roof mit einer Albedo von 0,6 kann an warmen Sommertagen in Sydney eine Reduzierung der Innentemperatur um 5,1 bis 11,4 °C im Vergleich zu konventionellen Dächern erreicht werden. (Garshasbi, S. et al., 2022)



# Moos



- ☀️ **Albedo:** keine Daten
- 🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
keine Daten



# Wasser



- ☀️ **Albedo:** 0,03 - 0,10 [1]
- 🌡️ **Spezifische Wärmekapazität:**  
4183 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [2]

## **i** SCHON GEWUSST?

Neben Gräsern, Sedumgewächsen, Sukkulente n und Kräutern gehören auch Moose zur extensiven Dachbegrünung. Extensive Dachbegrünung ist eine beliebte Klimaanpassungsmaßnahme im urbanen Raum. Messungen aus dem Jahr 2015 in Braunschweig ergaben eine um durchschnittlich 11°C niedrigere Oberflächentemperatur auf einem extensiv begrünten Dach im Vergleich zu einem konventionellen Dach.

Der Kühleffekt entsteht durch Verschattung und Verdunstung, wobei die Verdunstungskühlung bei einer extensiven Dachbegrünung nur gering ist. Die Verdunstungskühlung kann im August zu einer Abkühlung der Umgebungsluft in 0,5 m Höhe über dem Dach um maximal 0,7 °C beitragen.

Ein weiterer positiver Effekt von Gründächern ist der Beitrag zum Regenwassermanagement durch Rückhaltung und Verzögerung des Abflusses. Dies führt zu einer Entlastung der kommunalen Entwässerung und zu einer Verringerung der Gefährdung durch Starkregenereignisse. (Brune, M. et al., 2017)

## **i** SCHON GEWUSST?

Wasser hat eine geringe Albedo und absorbiert daher viel Sonnenstrahlung. Die hohe spezifische Wärmekapazität trägt dazu bei, dass sich Wasser nicht so schnell erwärmt und viel Wärme speichern kann. Daraus resultiert die thermische Pufferkapazität der Gewässer gegenüber den tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen der Atmosphäre. (Schwoerbel, J. et al., 2021)

Zur Verbesserung des Stadtklimas wird in vielen Städten eine blau-grüne Infrastruktur angestrebt. Diese sieht vor, die Ressource Wasser effizienter zu nutzen und die Vorteile von Wasserflächen für die Klimaanpassung zu nutzen. Städtische Grünflächen müssen mit Regenwasser bewässert werden, um ihre kühlende Wirkung zu erhalten. Ebenso tragen öffentliche Wasserflächen in Parks oder kleine Fließgewässer durch Verdunstung zur Abkühlung der Umgebungsluft bei. Offene Retentionsflächen können Wasser speichern und zusätzlich die Feinstaubbelastung in den Städten reduzieren. Renaturierte urbane Gewässer fördern die biologische Vielfalt und tragen zum vorbeugenden Hochwasserschutz bei. (DWA, 2021)

# Literaturverzeichnis

- [1] GERICS (O.J.): Albedo. Online: [https://www.gerics.de/products\\_and\\_publications/publications/detail/062675/index.php.de#:~:text=Die%20Albedo%20ist%20ein%20Ma%C3%9F,wiki.bildungserver.de](https://www.gerics.de/products_and_publications/publications/detail/062675/index.php.de#:~:text=Die%20Albedo%20ist%20ein%20Ma%C3%9F,wiki.bildungserver.de), abgerufen am 14.03.2024
- [2] Chemie.de (O.J.): Spezifische Wärmekapazität. Online: [https://www.chemie.de/lexikon/Spezifische\\_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4t.html](https://www.chemie.de/lexikon/Spezifische_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4t.html), abgerufen am 14.03.2024
- [3] Deutscher Wetterdienst (2016): In der Sahara. Online: [https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2016/5/12.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2016/5/12.html), abgerufen am 02.03.2024
- [4] Mehra, S.-R. (2020): Stadtbauphysik. Springer. Böblingen. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30449-2>
- [5] Santamouris, M. (2013): Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26: 224-240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>
- [6] Bendix, J., Luterbacher, J. (2019): *Klimatologie*. Verlag westermann, Braunschweig.
- [7] Deutscher Wetterdienst (O.J.a): Stadtklima – die städtische Wärmeinsel. Online: [https://www.dwd.de/DE/forschung/klima\\_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt\\_warmeinsel/projekt\\_warmeinsel\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_warmeinsel/projekt_warmeinsel_node.html), abgerufen am 09.10.2023
- [8] Umweltatlas Berlin (2000): Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht 2000. Tab. 1 Albedo (Reflexionsvermögen) verschiedener Oberflächen. <https://www.berlin.de/umweltatlas/klima/oberflaechentemperatur/2000/download/>, abgerufen am 22.03.2024
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nuklearer Sicherheit und Verbraucherschutz (O.J.): Steinwüste Schottergärten. Online: <https://www.bmu.de/WS5799>, abgerufen am 22.03.2024
- [10] Matschinsky, T. (2020): Schotterflächen vs. Pflanzflächen – ein Modellversuch. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. Online: <https://llh.hessen.de/pflanze/freizeitgartenbau/hga-projekte/klimaanpassung/schotterflaechen-vs-pflanzflaechen-ein-modellversuch/>, abgerufen am 22.03.2024
- [11] Scharf, B., Stangl, R. (2021): GRÜNER SCHUTZSCHIRM FÜR GEBÄUDE. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift. Online: [https://www.oiv.at/wp-content/uploads/2021/09/15\\_schutzschirm.pdf](https://www.oiv.at/wp-content/uploads/2021/09/15_schutzschirm.pdf).
- [12] Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (2018): Wasser und Boden. <https://www.ufz.de/index.php?de=36162>, abgerufen am 25.03.2024
- [13] Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (O.J.): Bodenwasserhaushalt. online: <https://www.klimawandel-rlp.de/de/klimawandelfolgen/boden/bodenwasserhaushalt/>, abgerufen am 25.03.2024
- [14] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (O.J.): Auswirkungen von Dürren auf die Umwelt. Auswirkungen auf den Boden. Online: <https://www.hlnug.de/themen/duerre/auswirkungen#c69646>, abgerufen am 25.03.2024
- [15] Spitzner, M. H. (2019): D6.5 Wärmeleitfähigkeit von Erdreich, Holz, Holzwerkstoffen, allgemeinen Baustoffen und Mauerwerk. In: Stephan, P. et al. (Hrsg.): VDI-Wärmeatlas. Fachlicher Träger VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. 12. Auflage. Springer Vieweg Berlin, Heidelberg: 687-706.
- [16] Statista (2024): Anzahl der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise in Deutschland in den Jahren 2004 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456626/umfrage/anzahl-der-genehmigten-wohngebäude-in-holzbauweise-in-deutschland/>, abgerufen am 20.04.2024
- [17] FNR (2023): Holz in der Kreislaufwirtschaft. online: <https://holz.fnr.de/kreislaufwirtschaft/holz-in-der-kreislaufwirtschaft>, abgerufen am 20.04.2024
- [18] Baunetzwissen (O.J.a): Absorption und Wärme auf Oberflächen. Online: <https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/waermeschutz/absorption-und-waerme-auf-oberflaechen-4733315>, abgerufen am 25.03.2024
- [19] Baunetzwissen (O.J.b): Schiefer. Bausphysikalische Eigenschaften. Online: <https://www.baunetzwissen.de/drucken/bauphysikalische-eigenschaften-164392>, abgerufen am 25.03.2024
- [20] Deutscher Wetterdienst (O.J.b): Erläuterungen zur Auswahl der Anpassungsmaßnahmen. Albedo der Dachflächen. Online: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/textbausteine/anp\\_mssnhmn/intro\\_anp\\_mssnhmn.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/textbausteine/anp_mssnhmn/intro_anp_mssnhmn.html), abgerufen am 25.03.2024
- [21] Garshasbi, S. et al. (2022): On the energy impact of cool roofs in Australia. *Energy and Buildings* 278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112577>
- [21] Brune, M., Bender, S. und Groth, M. (2017): Gebäudebegrünung und Klimawandel. Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Report 30. Climate Service Center Germany, Hamburg. <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf>
- [22] Schwoerbel, J., Brendelberger, H. (2021): Einführung in die Limnologie. Stoffhaushalt – Lebensgemeinschaften – Technologien. 11. Auflage. Springer. Kiel.
- [23] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2021): DWA-Positionen. Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte. Online: [https://de.dwa.de/files/\\_media/content/01\\_DIE\\_DWA/Politikinformationen/Positionspapiere/Positionspapier\\_Wasserbewusste\\_Entwicklung\\_unserer\\_St%C3%A4dte\\_2021\\_Netz.pdf](https://de.dwa.de/files/_media/content/01_DIE_DWA/Politikinformationen/Positionspapiere/Positionspapier_Wasserbewusste_Entwicklung_unserer_St%C3%A4dte_2021_Netz.pdf), abgerufen am 25.03.2024